Elektronica en Telecommunicatie 7

Gemeenschappelijke publikatie van de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

621.395.34:621.395.65

Semi-elektronische telefooncentrales [1])

V. Het 10-C Stelsel, een telefoonschakelstelsel met elektronische besturing

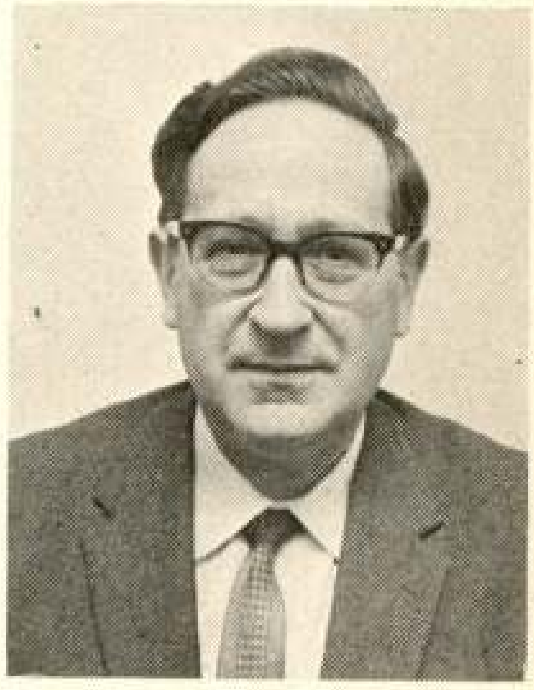
door ir. H. H. Adelaar, Bell Telephone Manufacturing Company - Antwerpen

Summary: *The 10-C system, an electronically controlled telephone switching system.*
The 10-C telephone switching system comprises modular multi-stage link switching networks composed of reed crosspoint matrices, controlled by a stored-program controlled central processor system.

In addition to the advantages inherent to the use of sealed contacts, such as high transmission quality, low noise, long life, etc., the following useful system features are obtained: high switching speed, high crosspoint efficiency, optimum match between network and central control, efficient path search and marking procedures, easy extensibility and integrated quasi-electronic plug-in mounting techniques.

The 10-C central processor system is mainly composed of integrated circuit logic and ferrite memory features: high speed, simplicity, compact construction and high intrinsic reliability. Common storage in extensible random-access ferrite memory is provided for program instructions, translation and parameter tables as well as variable call data. The duplicate processors working in the load-sharing mode are complemented with a program-reload and automatic recovery system.

The first exchange of this type has been handed over to the Belgian administration in September 1967; it has been integrated in the Antwerp area automatic telephone network.



1. Inleiding

Het 10-C stelsel omvat een spreeknetwerk, opgebouwd uit bladverenrelais ('reeds') en bestuurd door een elektronische centrale besturingsinrichting met in geheugen opgeslagen programma. De voornaamste kenmerken en voordelen van reedcontacten als kruispunten van de schakelmatrix, alsook die welke met het gebruik van een centrale programma-besturing verbonden zijn, zijn reeds in de artikelen van prof. ir. J. L. de Kroes [1], ir. T. M. Schuringa [2] resp. ir. N. H. Edström [3] en ir. H. J. Goebertus [4] uitvoerig toegelicht. Dit artikel stelt zich ten doel, de wijze in het licht te stellen, waarop in het 10-C systeem in het bijzonder partij is getrokken van de systeemkenmerken, die aan deze bouwstenen en aan deze centrale organisatie eigen zijn. Een eerste centrale volgens dit stelsel werd op 25 september 1967 aan de Regie van Telegrafie en Telefonie in België overgedragen; zij bedient ca. 1000 abonnees in Wilrijk.

Als punt van uitgang is bij het ontwerp van het 10-C stelsel vooropgesteld dat, ondanks het fundamentele onderscheid tussen het netwerk en de besturing, het daaruit samengevoegde stelsel een harmonisch, evenwichtig geheel moet vormen. In meer concrete termen wil dit zeggen, dat er niet alleen naar gestreefd is de besturing aan te passen aan de eisen van het netwerk, doch eveneens het netwerk een zodanige vorm te geven, dat het besturingsprogramma zo eenvoudig en zo kort mogelijk in computertaal kan worden geformuleerd.

Een tweede leidmotief bij het ontwerpen van het 10-C stelsel, niet minder belangrijk, was het streven om ook de vereiste betrouwbaarheid en bedrijfszekerheid met de meest eenvoudige middelen te verzekeren. Immers de begrippen 'betrouwbaar' en 'gemakkelijk te onderhouden' zijn met het begrip 'ingewikkeld' zo niet strijdig, dan toch zelden verenigbaar; deze grondbeginselen zullen aan de hand van de hieronder volgende beschrijving van het 10-C systeem nader worden toe-

[1]) Voordrachten gehouden voor de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het Genootschap van Ingenieurs der PTT op 12 april 1967 te Utrecht. Voor de aankondiging van deze bijeenkomst zie *De Ingenieur* 1967 nr. 13, blz. A 207; voor deel I en II zie *De Ingenieur* 1968 nr. 33, blz. ET 105; voor deel III en IV zie *De Ingenieur* 1968 nr. 38, blz. ET 125.

gelicht. Deze beschrijving zal zich beperken tot de toepassing op abonnee-centrales; aan de overeenkomstige verkeerscentrales zal mogelijk bij een volgende gelegenheid een beschouwing gewijd kunnen worden.

2. Systeemkenmerken

Allereerst volgt een korte samenvatting (alsmede enkele toelichtingen) betreffende de voornaamste systeemkenmerken, verbonden met de toepassing van reed-contacten in het schakelnetwerk en van een geprogrammeerde elektronische machine als centrale besturingseenheid, zoals deze in het 10-C stelsel tot uiting komen.

2.1. Schakelnetwerk

- Grote doorschakelsnelheid;
- Hoog kruispuntrendement;
- Structurele aanpassing aan computerbesturing;
- Werkbesparende methode voor wegentest en -markering;
- Modulaire opbouw;
- Quasi-elektronische montage van de schakelmiddelen.

Grote schakelsnelheid is voor moderne schakelstelsels een eerste vereiste, in het bijzonder met het oog op de ontwikkeling van snelle signalisatie-methoden via een netwerk van onafhankelijke 'data-links' (CCITT-stelsel nr. 6), alsook in verband met de in de toekomst te verwachten structuurveranderingen in de over te dragen informatiestromen (zeer korte berichten). Ook met het oog op de steeds voortschrijdende groei van continenten omspannende netten zal aan de schakelsnelheid een toenemend belang moeten worden toegekend. Een reed-contact schakelt in 1-2 ms; het doorschakelen van een spreekweg door 4 achtereenvolgende schakeltrappen neemt in het 10-C stelsel slechts 17 ms in beslag. Dit leidt tot een zeer korte bezettingstijd van de elektronische markeerinrichting die het doorschakelen bestuurt; deze kan aldus een groot verkeersaanbod (meer dan 20 000 oproepen per uur) verwerken.

Een *hoog kruispunt-rendement* betekent dat voor een centrale van bepaalde afmetingen, voor het verwerken van een gegeven verkeersaanbod, een minimaal aantal schakelpunten voldoende is. In een 10-C centrale voor 1 000 abonneelijnen, met een verkeersaanbod van 0,05 Erlang per lijn, waarvan ca. 20% bestemd is voor abonnees van de eigen centrale (en met een even groot eindverkeer), omvat het spreeknetwerk een basisaantal van 12 kruispunten per lijn; voor grotere centrales stijgt dit aantal met 1/4 kruispunt per lijn, per groep van 1 000 lijnen.

Dit hoge rendement wordt in het 10-C stelsel bereikt, dank zij het gebruik van *schakelmatrices van kleine afmetingen*, gekoppeld met een *omvattend wegenkeuze-programma*, waardoor alle mogelijke wegen door het netwerk tussen de klemmen, waarop de oproepende abonnee, resp. de inkomende overdrager, en die waarop de opgeroepen abonnee, resp. een vrije uitgaande overdrager in de gewenste richting, aangesloten zijn, stelselmatig afgetest worden. Een dergelijke 'geconjugeerde' wegenselectie, die in bestaande kruisstangschakelstelsels slechts in beperkte omvang (bijv. over enkele schakeltrappen) kan worden toegepast, wordt in het 10-C stelsel, dank zij de snelle en efficiënte werking van de centrale besturing, tot volle ontplooiing gebracht.

De *structurele vorm* van het netwerk heeft als uitgangspunt de binaire structuur van de centrale besturingscomputer. Deze is ingericht voor het verwerken van binaire gegevens in een vast formaat, d.w.z. in de vorm van 'woorden' elk met een vast aantal (i.e. 16) bits, en voor het uitvaardigen van afvraag- en schakelorders met hetzelfde formaat. Hiervan uitgaande is ook het schakelnetwerk binair georganiseerd, d.w.z. de organen van het netwerk, zoals in- en uitgangsklemmen, kruispunten, schakelmatrices, schalmen en koordstroomlopen, zijn gegroepeerd in groepen van 4, 8, 16, 64, 128, 256 of 1024, dus machten van 2. Aan elk der ingangen, resp. uitgangen, is als adres een eerste, resp. een tweede reeks binaire coördinaten toegevoegd.

Bovendien geldt voor elk volledig netwerkdeel, waarover een groep lijnen tot een daaraan toegevoegde groep koordstroomlopen toegang heeft, de algemene regel dat er tussen elke ingang en elke uitgang één en niet meer dan één weg kan worden opgebouwd. Elk pad door het netwerk is dus volledig bepaald door het begin- en eindpunt, waartussen het verloopt; het kan – evenals alle ervan deel uitmakende schalmen en kruispunten – door de in- en uitgangscoördinaten ondubbelzinnig geïdentificeerd worden.

De gebruikte test- en markeerschakelingen zijn met deze indeling geheel in overeenstemming. De netwerkorganen (lijncircuits, overdragers, koordcircuits, schalmen) zijn te dien einde gegroepeerd in groepen van 16. Elke groep kan worden geadresseerd door een binaire code die deel uitmaakt van het afvraagorder; het antwoord is een woord bestaande uit 16 bits, elk waarvan op één der 16 organen van de groep betrekking heeft en bijv. de vrij- of bezettoestand ervan weergeeft. Na ontvangst in het centrale besturingsapparaat kan dit woord nu bit voor bit worden vergeleken met een woord, dat in het geheugen op een overeenkomstig adres opgeslagen is en dat bijv. betrekking heeft op de toestand die bij dezelfde 16 organen bij de voorgaande ondervraging was aangetroffen. Op deze wijze kunnen in beginsel enkele miljoenen inlichtingen per seconde uit het netwerk in de centrale apparatuur worden ingebracht. De markeerschakeling is, zoals hieronder nog verder zal worden toegelicht, zodanig ingericht, dat zij rechtstreeks kan worden bestuurd door een order, waarin de binaire adressen der te verbinden netwerkklemmen zonder transformatie (nagenoeg zonder rekenwerk) eenvoudig achter elkaar geplaatst zijn.

Modulaire Opbouw
Het 10-C netwerk is opgebouwd uit een of meer autonome standaard-eenheden, elk voor 1024 lijnen, voorzien van een volledig bereikbare groep koordstroomlopen en van een voldoende aantal ingangen voor inkomende en uitgaande overdragers, die, zo nodig, het gehele verkeersaanbod kunnen afvoeren, resp. het totale eindverkeer kunnen aanvoeren. Elke centrale kan dus aanvankelijk bijv. voor duizend lijnen worden geïnstalleerd en vervolgens – naar gelang van de behoefte – met bijkomende standaard-eenheden gaandeweg tot 20 of meer duizendtallen worden uitgebreid.

Quasi-elektronische Montage
Hoewel reed-contacten op mechanische contactmaking berusten, staan zij in vrijwel alle andere opzichten veel dichter bij de elektronica dan bij de gebruikelijke mechanische schakelconstructies. Dit geldt met name ook voor de montage van het schakelmaterieel, dat zich bij gebruik van reed-contacten op insteekeenheden met gedrukte bedrading bij de voor het elektronische materiaal gebruikte montagemethoden nauw aansluit en dat evenzeer als deze voor toepassing van half- of geheel automatische procédés in aanmerking komt. De hieruit voortvloeiende uniformiteit levert, zowel voor de fabricage en

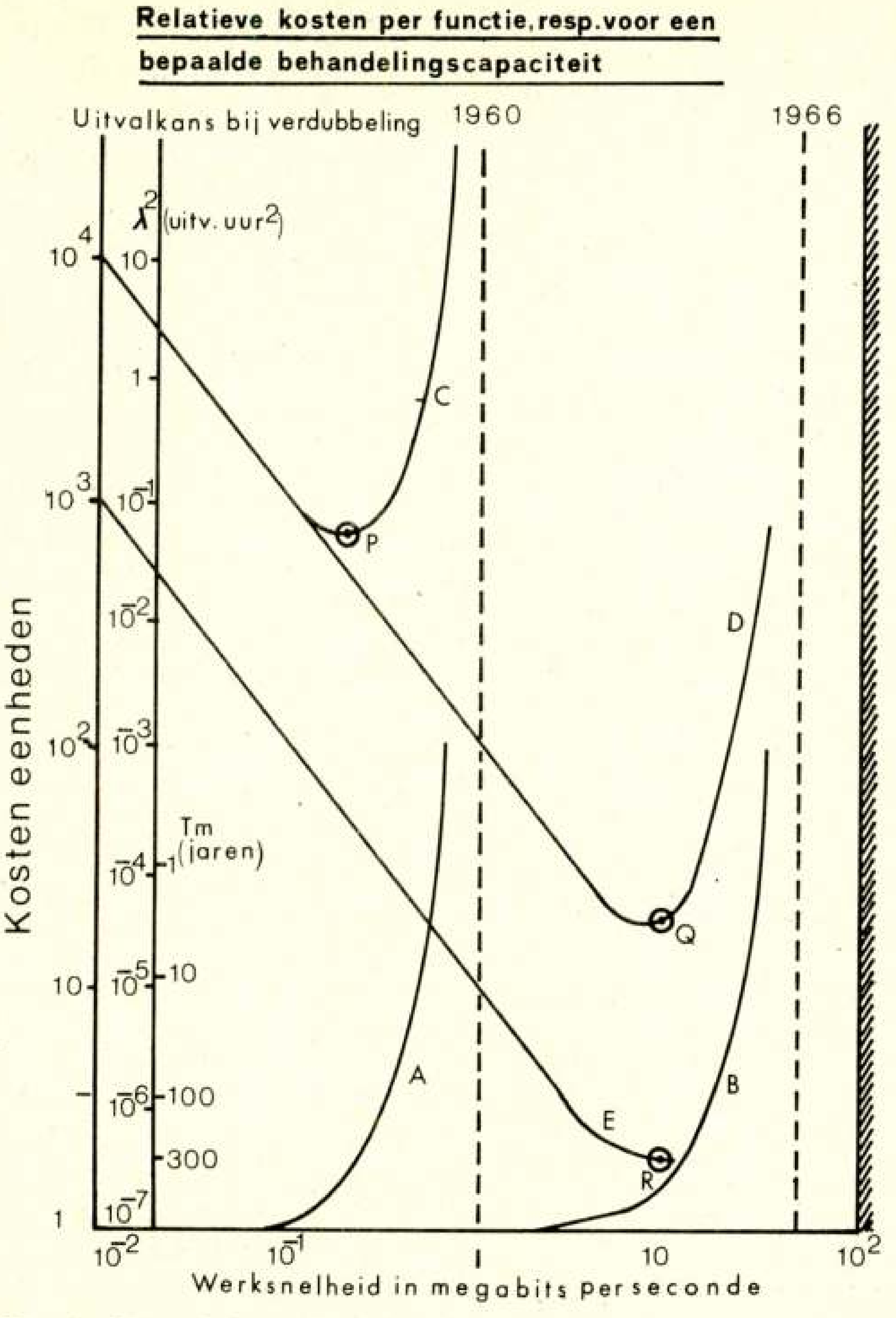


Fig. 1. Centrale besturing; invloed van verhoogde werksnelheid. Kromme A en B: Verband tussen kostencijfer en werksnelheid voor een enkelvoudige logische functie (A = 1960, B = 1966).
Kromme C en D: Ditzelfde verband voor een gegeven totale verwerkingscapaciteit. De uitvalkans is evenredig met het aantal componenten, dus met het kostencijfer. Bij verdubbeling is de uitvalkans evenredig met λ^2; de gemiddelde duur van een periode zonder algehele uitval (*T*m) is daarmee omgekeerd evenredig. Deze grootheden zijn langs de tweede verticale as afgezet (λ^2 in uitval per uur^2; *T*m in *jaren*).

de beproevingen als voor het onderhoud en de exploitatie, belangrijke voordelen op.

2.2. Centrale Besturing

- Hoogst mogelijke werksnelheid;
- Betrouwbare componenten (geïntegreerde circuits);
- Eenvoudige, compacte configuratie;
- Gemeenschappelijk geheugen voor instructies en gegevens;
- Verdubbelde apparatuur met belastingverdeling ('load sharing').

Vroegere ontwerpen van gecentraliseerde elektronische besturingsorganen (gebaseerd op de technologie van vóór 1960, die voorzag in werksnelheden van de orde van enkele honderden kilobits per seconde) moesten noodzakelijkerwijs relatief omvangrijk en ingewikkeld zijn, ten einde de vereiste verkeershoeveelheden te kunnen verwerken. Daardoor was de uitvalskans van elke afzonderlijke eenheid, die statistisch afhangt van het aantal daarin aanwezige componenten en van de uitvalskans van elk der componenten, zo groot, dat allerlei vernuftige middelen, zoals ingebouwde en/of geprogrammeerde verificatie en terugmelding, alsmede middelen voor het automatisch overschakelen, noodzakelijk waren om het stelsel voor het telefoonbedrijf aanvaardbaar te maken. Dergelijke bijzondere voorzieningen doen het nagestreefde doel echter weer gedeeltelijk teniet, daar zij 1. nog meer componenten vereisen, 2. de verwerkingscapaciteit verminderen en 3. het stelsel onoverzichtelijk maken zodat het opsporen van fouten wordt bemoeilijkt.

In de centrale besturing van het 10-C stelsel wordt *intrinsieke systeembetrouwbaarheid* verzekerd door het gebruik van hoogst betrouwbare *geïntegreerde circuits* in een *zeer eenvoudige compacte configuratie*, die mogelijk wordt door de *hoge werksnelheid* waarop de logische organen en het *gemeenschappelijke programma- en data-geheugen* worden bedreven.

Dit zal aan de hand van de grafiek in fig. 1 nader worden toegelicht; hierin is op logaritmische schaal het kostencijfer, verbonden met een gegeven enkelvoudige logische functie, in willekeurige eenheden afgezet tegen de werksnelheid in megabits per seconde (krommen A en B). Deze krommen, die resp. betrekking hebben op de toestand in 1960 (kromme A) en 1966 (kromme B), geven aan dat men de werksnelheid tot een zeker punt kan opvoeren zonder de kosten per functie te verhogen; daarboven stijgen de kosten snel wegens het noodzakelijk gebruik van meer componenten, nauwere toleranties, nauwkeuriger instelling, zorgvuldiger montage, hoger afkeuringspercentage, enz.; het blijkt dat een bepaalde 'technologische barrière' – aangegeven door de verticale asymptoot bij 1, resp. 50 megabits per seconde – praktisch niet kan worden overschreden. Daar in het snel stijgende gedeelte de storingsgevoeligheid groter en de betrouwbaarheid twijfelachtig wordt, is het gezonde praktijk, dit gebied te vermijden.

Om een bepaald volume werk per tijdseenheid te verzetten laat men een aantal functies in parallel verlopen; men heeft dus meer materiaal nodig. De hoeveelheid materiaal is in eerste instantie omgekeerd evenredig met de werksnelheid; dit geldt dus ook voor de uitvalkans λ. Nadert men echter de barrière, dan krijgen de bovengenoemde – de kosten en uitvalskans vergrotende – complicaties, verbonden met het werken op te hoge snelheid, van een gegeven punt af de overhand. Dit wordt door de kromme C in fig. 1 weergegeven, die eerst onder 45° daalt tot een minimum en dan steeds sneller gaat stijgen. Zoals voor de hand ligt, kiest men bij voorkeur een punt zo dicht mogelijk bij de barrière, daar waar de kromme zijn minimum bereikt (punt P).

Vergelijking van de toestand in 1966 (kromme D) met die van 1960 toont aan, dat de werksnelheid door verschuiving van de barrière met een factor van de orde van 50 kan toenemen en dus aanzienlijk dichter bij de geheel rechts weergegeven 'fysische barrière' (werksnelheid 10^2 megabits per seconde) gekozen kan worden (punt Q); men heeft dus voor eenzelfde werkvolume 50 maal minder materiaal nodig, daardoor wordt ook de intrinsieke betrouwbaarheid met eenzelfde factor verbeterd.

Anderzijds heeft de technologische vooruitgang op het gebied der halfgeleiders, met name de epitaxiaaltechniek, oppervlakte-passivatie, geïntegreerde stroomlopen, voor een minstens 10-voudige verkleining van de uitvalskans per functie gezorgd (kromme E), hetgeen de totale verbeteringsfactor op 500 brengt (punt R).

In het 10-C stelsel zijn voor de centrale besturing twee vrijwel geheel onafhankelijk werkende processors voorzien, waarbij de kans op algehele systeem-uitval door het tegelijker-

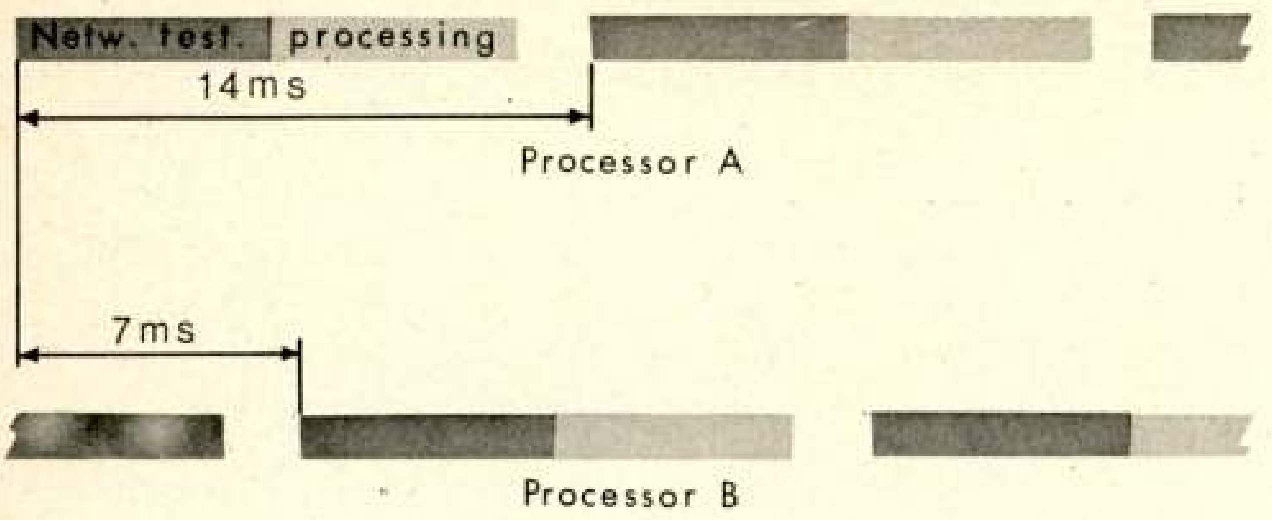


Fig. 2. Principe van de belastingsverdeling.

tijd in het ongerede raken van beide processors niet door wisselwerking tussen de processors wordt beïnvloed[2]). De waarschijnlijkheid van totale uitval is dus evenredig met het kwadraat van λ, dat in fig. 1 afzonderlijk langs de ordinaatas is uitgezet. De verbetering van deze parameter over de periode 1960–1966 is van de orde van een kwart miljoen.

De streefwaarde van λ^2, die wij in de besturing van het 10-C stelsel menen te kunnen bereiken (punt R), ligt tussen 10^{-6} en 10^{-7}, overeenkomende met gemiddeld één totale uitval in een periode van enkele eeuwen. Eenzelfde eenvoudige organisatie met twee ongelede, onafhankelijk werkende processors zou bij gebruik van de technologie van vóór 1960 gemiddeld elke 10 uur een volledige uitval vertonen.

Op grond van deze overwegingen is voor de besturingseenheid van het 10-C stelsel een keuze gedaan van een zeer eenvoudig apparaat dat op zeer hoge snelheid werkt, maar dat overigens in zijn functionele opbouw zeer weinig verschilt van een eenvoudig rekenapparaat voor algemene doeleinden. Het omvat een snelwerkend ferrietgeheugen, waarin tijdens normaal bedrijf (naast het telefoonprogramma en de besturingsprogramma's voor de in- en uitvoerapparaten) de vertalingen en andere semi-permanente gegevens, ook de variabele gegevens die op de in behandeling zijnde oproepen betrekking hebben, opgeslagen worden. Hetzelfde geheugen kan tijdens een dienstonderbreking voor het opnemen van test- en diagnoseprogramma's gebruikt worden, die van een ponsband, magnetische band of schijvengeheugen worden ingelezen. Het opnieuw inladen van het telefoonprogramma aan het einde van de dienstonderbreking geschiedt volledig automatisch.

Zoals reeds vermeld, wordt de bedrijfszekerheid en ononderbroken werking door verdubbeling van het centrale besturingsapparaat gewaarborgd. Beide apparaten lopen echter niet synchroon, doch elk behandelt de helft van het aangeboden verkeer (zie fig. 2). Een centrale tijdgever geeft om de 7 ms een vertreksignaal (afwisselend aan het ene en het andere apparaat) dat alsdan begint met het afwikkelen van de afvraagprogramma's, in de volgorde van hun urgentie, waardoor verse gegevens uit het netwerk worden binnengebracht. De volgorde, alsmede het tijdplan van deze afvraagprogramma's, is in fig. 3 weergegeven. Wordt daarbij een nieuwe oproep gevonden, dan wordt het plaats- of identificatienummer van de oproepende lijn voor verdere behandeling in hetzelfde besturingsapparaat in het geheugen genoteerd; tevens wordt dan een bericht naar het andere besturingsapparaat gezonden, dat in een vast aan de oproepende lijn toegevoegde geheugencel aantekent, dat deze lijn door het eerste besturingsapparaat behandeld wordt. Komt nu na 7 ms het andere besturingsapparaat aan de beurt en treft het dezelfde lijn opnieuw in de oproepconditie aan, dan zal het zich – op grond van de eerder gemaakte aantekening – van verdere actie met betrekking tot deze lijn onthouden.

Terwijl nu het ene besturingsapparaat met afvraagprogramma's bezig is, kan het andere apparaat de vóórdien binnengebrachte gegevens verder verwerken en desgevallend ook schakelbevelen uitvaardigen, die door de markeerschakelingen in de netwerkbesturing zullen worden uitgevoerd.

In het algemeen gesproken houden de beide besturingsapparaten elkaar telkens op de hoogte van de belangrijkste netwerktransacties, te weten:
- detectie van een oproepende lijn;
- doorschakelen naar een koordstroomloop;
- doorschakelen naar een overdrager;
- antwoord van opgeroepen abonnee;
- vrijgeven.

Deze inlichtingen stellen elk van beide apparaten in staat, ingeval van plotseling uitvallen of uit dienst nemen van het andere apparaat, de daarin behandelde oproepen over te nemen, met dien verstande dat abonnees, die op dat ogenblik nog niet klaar zijn met insturen, een bezettoon-verbinding krijgen.

3. Opbouw en Werking

3.1. Algemeen Overzicht

De opbouw en de werking van het 10-C stelsel zullen nu aan de hand van de in fig. 4-12 afgebeelde schema's nader worden toegelicht.

Fig. 4 toont het plan van de schakelzaal voor een centrale die 8192 abonneelijnen kan bedienen; het materiaal is gegroepeerd in vier standaard-eenheden. Elke eenheid omvat 2 lijngroepnetwerken, elk van 1024 abonneelijnen, alsmede een gemeenschappelijk stel organen voor perifere netwerkbesturing. Het centrale besturingsapparaat (onderste rij, rechts) bedient alle eenheden via een gemeenschappelijke besturingskabel en de daarop aangesloten perifere netwerkbesturingsorganen.

Over deze kabel zendt het centrale besturingsapparaat ondervragingsorders en markeerbevelen; de netwerkbesturingsorganen voeren deze orders uit en zenden het antwoord terug naar het centrale besturingsapparaat.

Links van het centrale besturingsapparaat bevindt zich de controletafel met bedieningsknoppen, meetapparaten en toestellen voor het bedieningspersoneel; deze laatste omvatten verreschrijvers, een ponsbanddrukker en -lezer, waarmee gegevens uit het geheugen kunnen worden opgevraagd of daarin ingevoerd. De verreschrijver dient tevens voor het automatisch

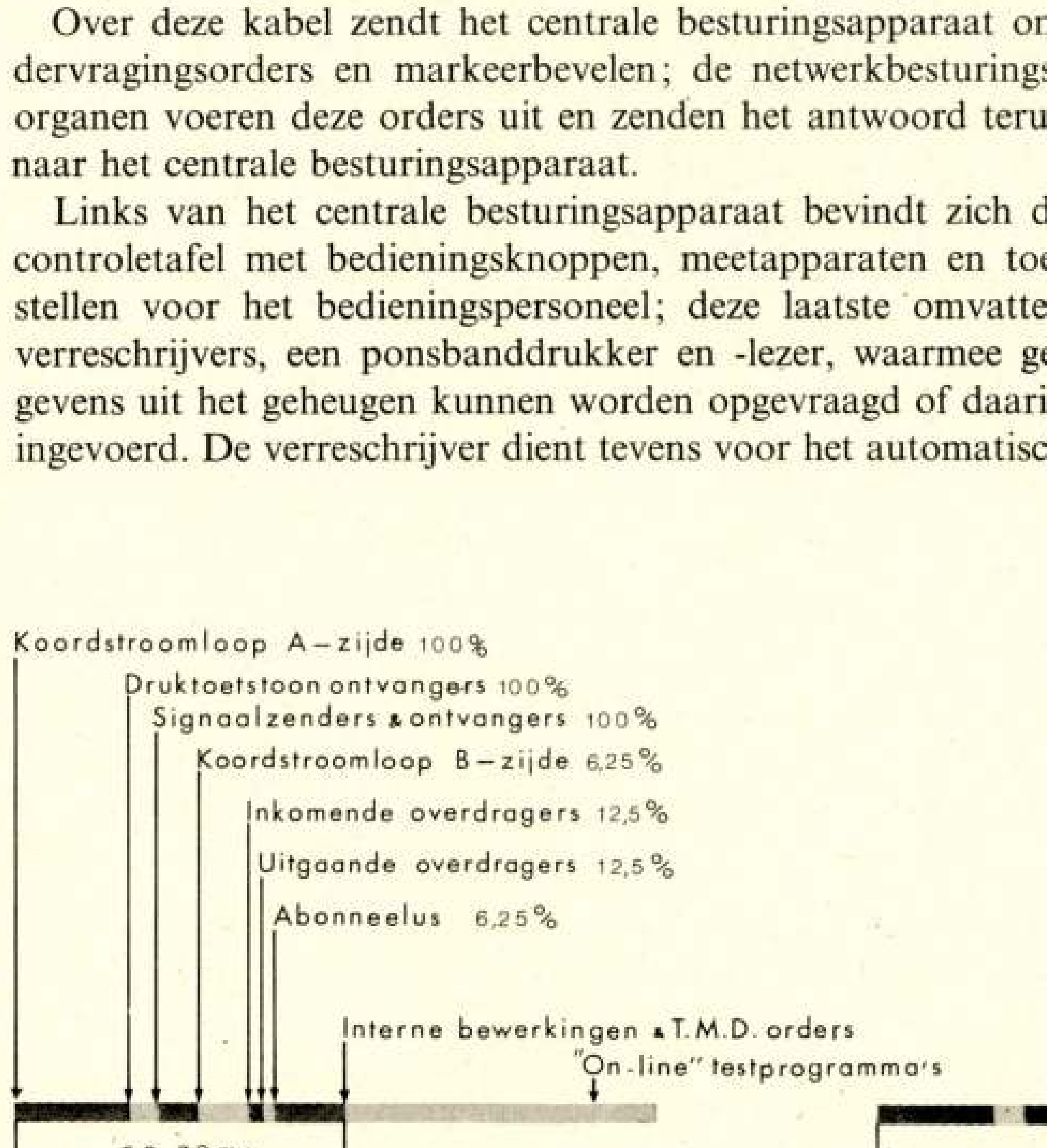


Fig. 3. Tijdschema van besturingsfuncties.

[2]) De configuratie komt overeen met die van fig. 2 in het artikel van ir. E. E. POELMAN [5].

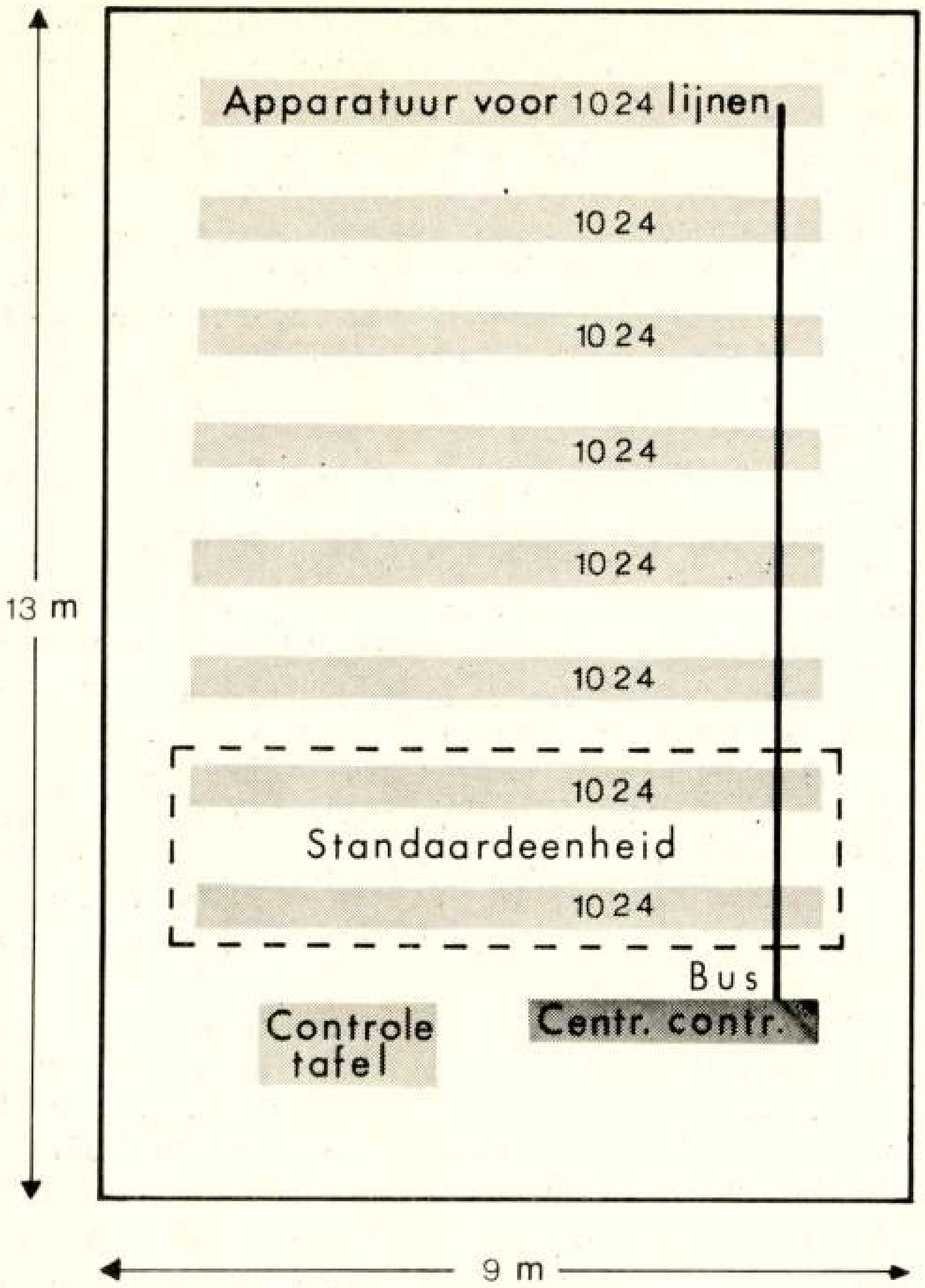


Fig. 4. Grondplan van centrale voor 8192 lijnen.

afdrukken van testresultaten, verkeersgegevens en eventuele foutrapporten, waardoor het personeel in staat gesteld wordt de werking van het gehele stelsel permanent onder controle te houden. Afstandsbediening is mogelijk, waarbij deze verreschrijver alsmede de voornaamste bedieningsknoppen via telefoonaders aangesloten zijn.

In fig. 5 is een standaard-eenheid meer in bijzonderheden weergegeven; zulk een standaard-eenheid is autonoom, d.w.z. zij omvat alle organen (uitgezonderd de centrale besturing) voor een complete centrale, nl. twee lijngroepnetwerken, elk voor 1024 abonneelijnen en 128 inkomende en 128 uitgaande overdragers; elk van beide netwerken omvat voorts:

- maximaal 128 voedings- of koordstroomlopen;
- een toegangsnetwerk voor het aanschakelen van signaalontvangers en -zenders;
- een toegangsnetwerk voor het aanschakelen van druktoetstoonontvangers (voor het ontvangen van toonsignalen afkomstig van druktoetstelefoontoestellen).

Rechts in de figuur ziet men een tussenverdeler voor het onderling verbinden van lijngroepnetwerken; deze behoeft echter niet werkelijk te worden uitgerust. Wil men de centrale door toevoeging van een of meer lijngroepnetwerken uitbreiden, dan kunnen deze laatste gemakkelijk met behulp van toegevoegde kabels aangesloten worden; de bestaande rangeringen behoeven niet te worden gewijzigd.

De aan de onderzijde symbolisch aangegeven netwerkbesturing omvat:

- afvraagstroomlopen voor het afvragen van lijn- en koordstroomlopen, overdragers, signaalstroomlopen en schalmen;
- markeerstroomlopen voor het opbouwen van spreek- en signaalwegen;
- relaisbesturingsstroomlopen voor het op- en afbrengen van relais in de lijn-, koord- en signaalstroomlopen en overdragers.

3.2. Schakelnetwerk en Markering

Het schakelnetwerk is opgebouwd uit groepen individuele schakelelementen, kruispunten, die tot een matrix met horizontale en verticale multipels verenigd zijn, en die elk in staat zijn om een selectieve verbinding tussen een verticaal en een horizontaal multipel tot stand te brengen. Elk multipel omvat 2 spreekdraden en een houddraad, terwijl de horizontale multipels elk bovendien een markeerdraad omvatten.

Elk kruispunt omvat een spoel waarvan één uiteinde met de houddraad van het overeenkomstige verticale multipel is verbonden en drie hermetisch gesloten bladveercontacten, waarvan er twee voor het doorschakelen der spreekdraden dienen. Het derde dient om bij bekrachtiging van de spoel het andere spoeleinde met de horizontale houddraad te verbinden; dit spoeleinde is tevens via een diode met de markeerdraad van het horizontale multipel verbonden.

Worden aan de houddraad van één der verticale multipels, resp. aan de markeerdraad van één der horizontale multipels,

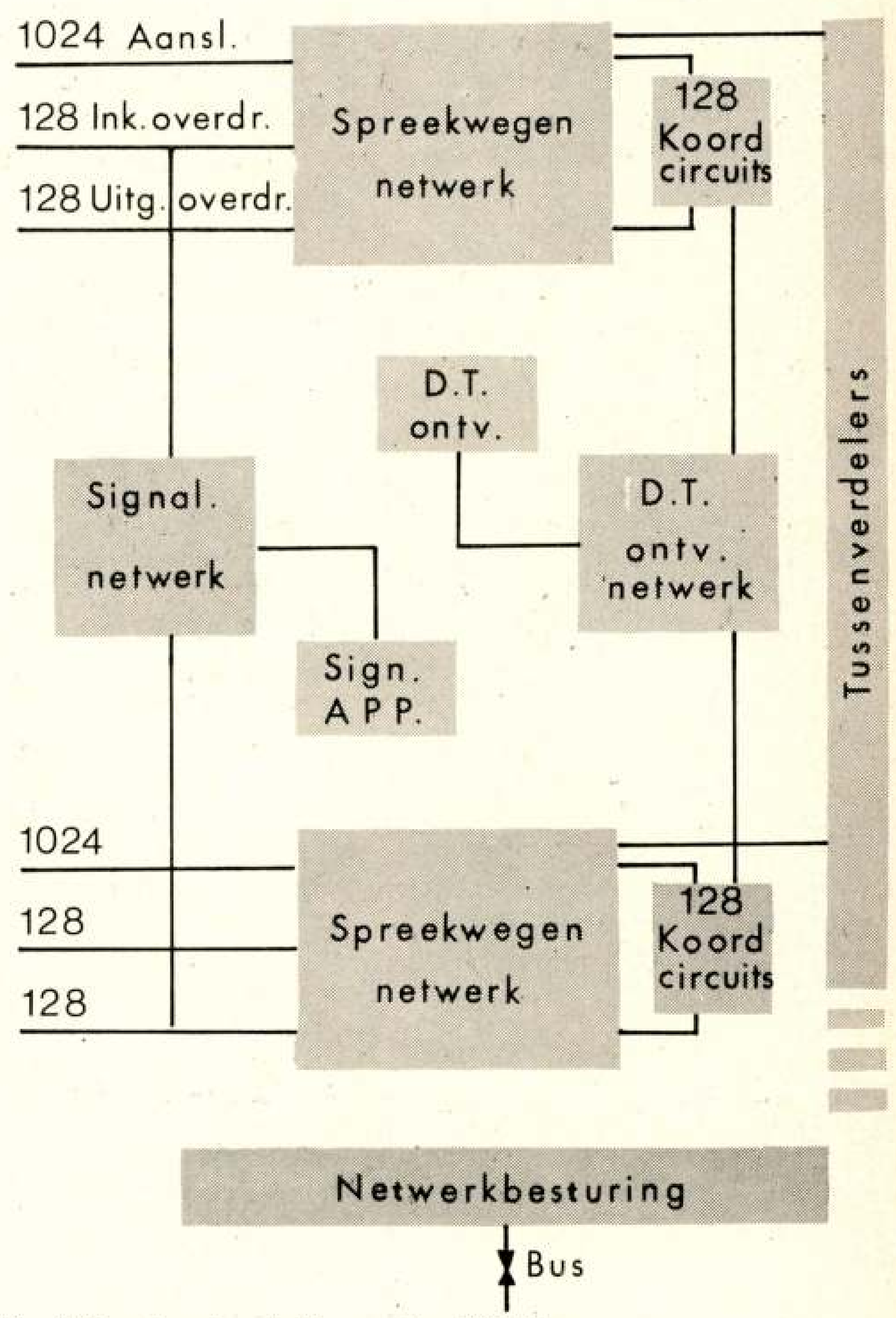


Fig. 5. Standaard-eenheid voor 2 × 1024 lijnen.

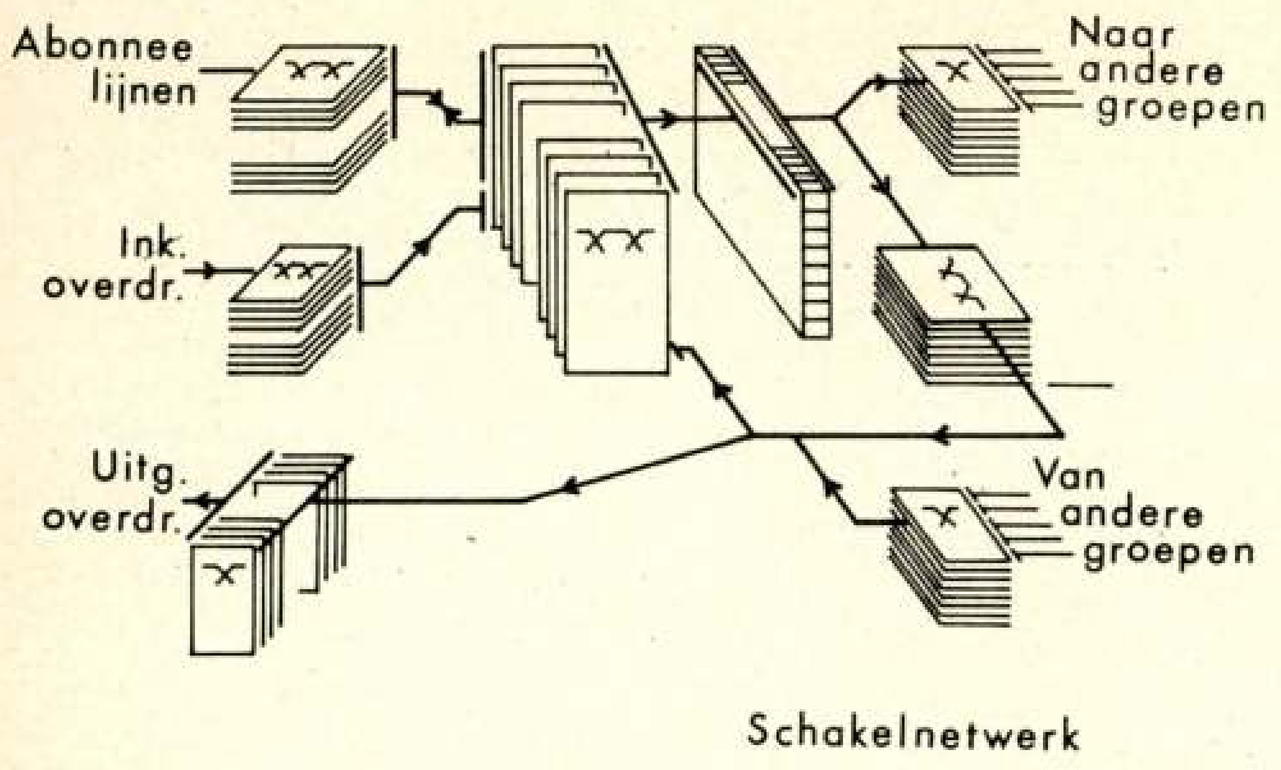


Fig. 6. Lijngroepnetwerk in perspectief.

een positieve resp. een negatieve markeerpotentiaal aangelegd, dan wordt de spoel van het kruispunt tussen deze beide multipels bekrachtigd.[3]) Hierdoor worden de beide spreekdraden en de houddraad (deze laatste via de spoel) doorgeschakeld.

Aangezien de horizontale multipels elk met een verticaal multipel van een matrix in de voorgaande (of volgende) kiestrap verbonden zijn, kan aldus de positieve markeerpotentiaal via de horizontale houddraad in die andere matrix werkzaam gemaakt worden om aldaar – in combinatie met een tweede negatieve markeerpotentiaal – opnieuw een kruispunt te bekrachtigen; dit geschiedt echter eerst nadat de eerst aangelegde negatieve markeerpotentiaal is weggenomen. Zo wordt door aanleggen van een positieve markering, gevolgd door achtereenvolgens aanleggen en wegnemen van negatieve markeringen in de achtereenvolgende kiestrappen, een spreekweg door het gehele netwerk opgebouwd, waarbij de op deze weg gelegen kruispuntspoelen a.h.w. aaneengeregen en aldus in serie in een gemeenschappelijke houdketen worden opgenomen.

[3]) De werkwijze komt in beginsel overeen met de spanningscoïncidentie zoals uiteengezet in het artikel van ir. T. M. Schuringa [2]; in fig. 2 van dat artikel zijn echter de coördinaatrichtingen, alsmede de polariteiten van de markeerpotentialen, juist andersom gekozen.

Zoals schematisch in fig. 6 in perspectief en in fig. 7 in bovenaanzicht is weergegeven, bestaat het lijngroepnetwerk uit een samenstel van deelnetwerken die het mogelijk maken de aangesloten abonneelijnen en inkomende overdragers te verbinden met een groep koordstroomlopen ('feed junctors') en die voorts aan deze laatste toegang verschaffen tot elke gewenste abonneelijn of uitgaande overdrager. Elk dezer netwerken bestaat uit een aantal 'vlakken' (dat zijn uit schakelmatrices opgebouwde één- of tweetrapsnetwerken) die de eigenschap hebben dat tussen elke ingang en elke uitgang slechts op één manier een spreekweg kan worden opgebouwd.

De abonneelijnen (links boven) zijn aangesloten via een concentratienetwerk, bestaande uit 16 vlakken met twee schakeltrappen (LC_0 en LC_1) en de inkomende overdragers via een ééntrapsexpansienetwerk (TE) met 8 vlakken (links midden). Het verkeer van deze beide groepen wordt gemengd in een tweetrapsmengnetwerk (MX_0-MX_1) met 16 vlakken, dat toegang geeft tot de groep koordstroomlopen. De 16 vlakken van het concentratienetwerk en de 8 vlakken van het expansienetwerk hebben elk 16 uitgangen, de 16 vlakken van het mengnetwerk elk 24 ingangen; deze netwerken zijn zodanig met elkaar verbonden, dat tussen elke lijn of inkomende overdrager en elke koordstroomloop slechts op één manier een spreekweg kan worden opgebouwd.

De verbindingen tussen het concentratienetwerk via het mengnetwerk met de koordstroomlopen zijn in fig. 8 afzonderlijk weergegeven. Aan elke abonneelijn is een stel van 10 binaire coördinaten $X_9X_8 \ldots X_0$ toegevoegd en aan elke koordstroomloop een stel van 7 binaire coördinaten $Y_6Y_5 \ldots Y_0$. De eerste 4 coördinaten $X_9 \ldots X_6$ geven het vlak aan en de volgende twee coördinaten X_5X_4 de matrix waaraan de lijn is aangesloten, terwijl de overige coördinaten $X_3 \ldots X_0$ dienen om de 16 aan deze matrix aangesloten lijnen van elkaar te onderscheiden. Evenzo worden de coördinaten $Y_6 \ldots Y_3$, resp. $Y_2Y_1Y_0$, gebruikt om de kolom, resp. de rij, weer te geven waarvan de beschouwde koordstroomloop deel uitmaakt. Zijn nu de coördinaten van een oproepende abonneelijn en die van een daaraan toegewezen vrije koordstroomloop bekend, dan is daardoor de spreekweg, die voor het verbinden van deze beide in aanmerking komt, volkomen bepaald. Inderdaad kunnen

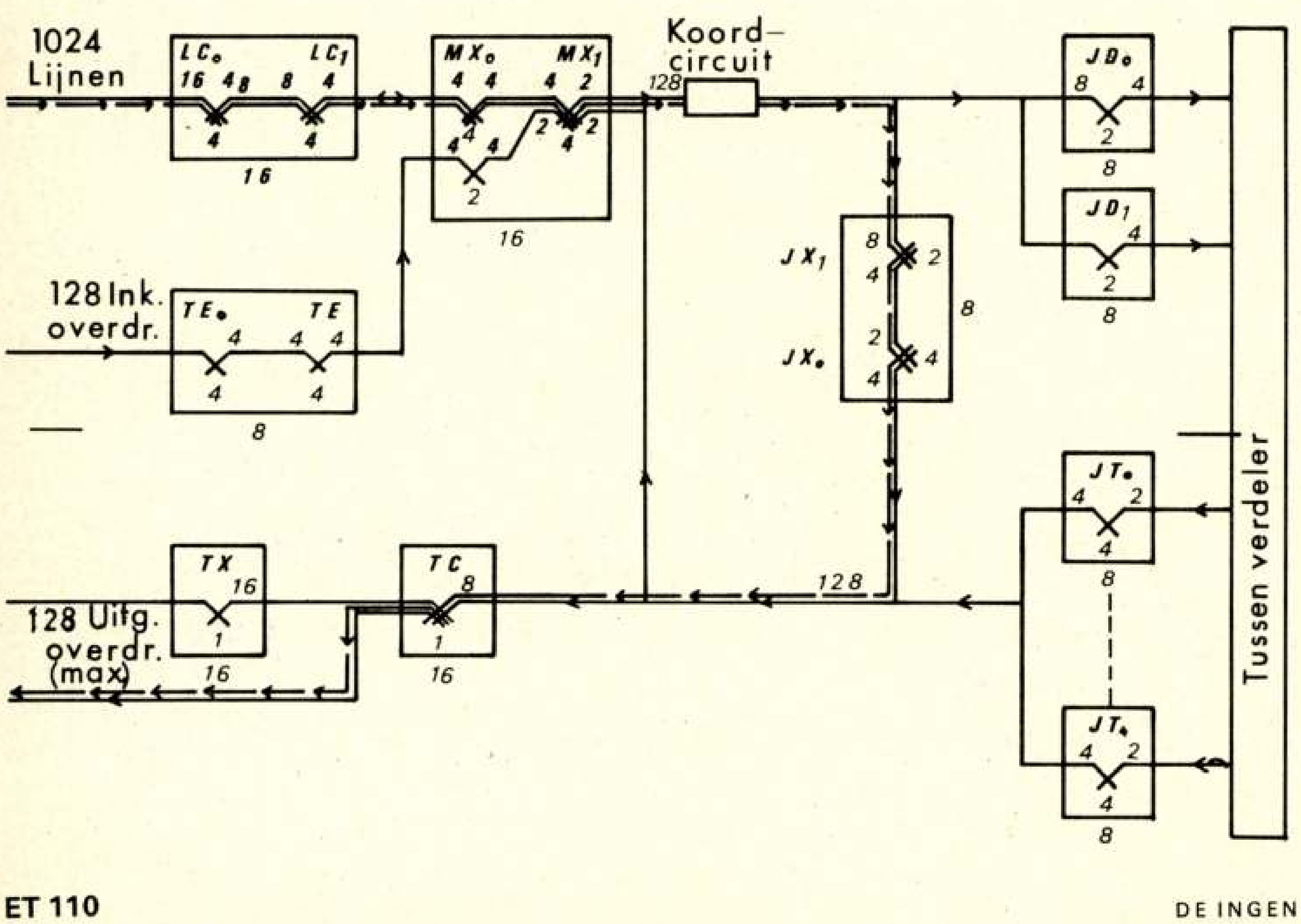


Fig. 7. Lijngroepnetwerk.

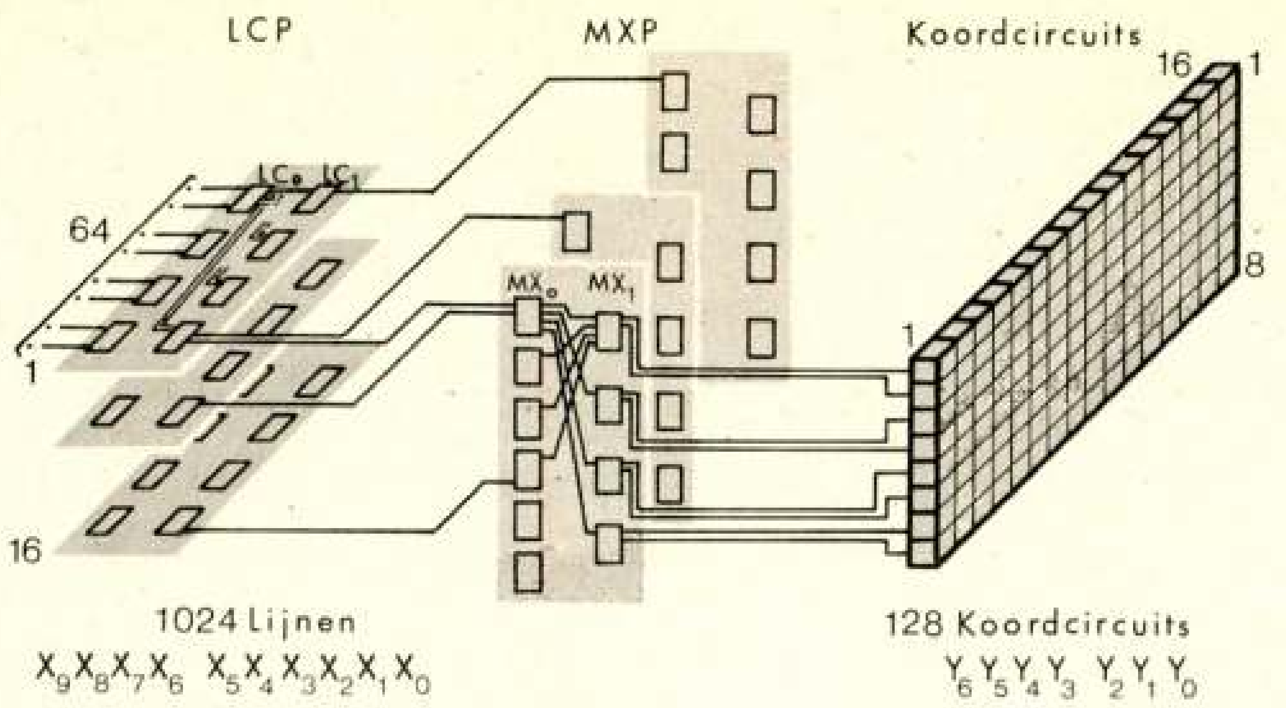


Fig. 8. Verbinding van de schakelvlakken.

alle matrices en kruispunten van de beide netwerken, alsmede de daartussen verlopende schalmen, telkens door een unieke combinatie van de X- en Y-coördinaten worden aangeduid.

Alvorens een spreekweg door tussenkomst van het markeercircuit kan worden opgebouwd moet eerst worden vastgesteld of de te gebruiken schalmen vrij, d.w.z. niet in reeds eerder opgebouwde verbindingen betrokken zijn. Hiertoe dient de schalmtester, die onder besturing van het centrale besturingsapparaat de schalmen in groepen van 16 op vrij/bezet-conditie onderzoekt en het resultaat van dit onderzoek in de vorm van een 'woord' van 16 bits (nullen en enen) aan het besturingsapparaat doorgeeft. Daàr de eindpunten van de op te bouwen weg bekend zijn, is het centrale besturingsapparaat in staat dit onderzoek te beperken tot die schalmgroepen die geheel of gedeeltelijk voor de gewenste verbinding in aanmerking komen. Op deze wijze worden in beginsel 16 wegen tegelijkertijd afgetest; het resultaat wordt vergeleken met de resultaten van vrij/bezet-testen op de twee rijen van 16 koordstroomlopen die voor de onderzochte wegen toegankelijk zijn, waarna een vrije weg naar een vrije koordstroomloop wordt uitgekozen en met behulp van X- en Y-coördinaten in het geheugen wordt vastgelegd. Deze worden gebruikt voor het opmaken van een markeerbevel dat vervolgens via de besturingskabel naar het markeercircuit van de betreffende netwerkeenheid wordt uitgezonden. Het markeerproces voor deze verbinding is schematisch in fig. 9 weergegeven; dit proces begint in de koordstroomloop (rechts) met het aanleggen van een positieve markeerpotentiaal (+ 50 V) aan de houddraad. De keuze van het markeerrelais in de gewenste koordstroomloop uit de twee groepen van 128, die door het markeercircuit bediend worden, geschiedt met behulp van een keuzematrix onder besturing van de adrescoördinaten $U_0Y_6Y_5Y_4$ en $Y_3 \ldots Y_0$, waarbij U_0 een bit is, dat de groep van 128 aangeeft.

De gekozen houddraad is in de laatste kiestrap (MX_1) met vier kruispunten verbonden, waarvan er één, door aanleggen van negatieve markeerpotentiaal (aarde) aan het overeenkomstige markeermultipel, moet worden uitgekozen. De keuze van één van de vier markeerrelais geschiedt met behulp van een 2×2-matrix onder besturing van de coördinaten X_9X_8.

Op overeenkomstige wijze geschiedt in de voorlaatste kiestrap (MX_0) een keuze van één uit vier markeerrelais onder besturing van de coördinaten X_7X_6, in de tweede kiestrap (LC_1) een keuze van één uit acht markeerrelais onder besturing van de coördinaten L_0X_5 en X_4 en in de eerste kiestrap (LC_0) een keuze van één uit zestien relais onder besturing van de coördinaten X_3X_2 en X_1X_0, waarbij L_0 een functie van de coördinaten $X_3 \ldots X_1$ en Y_5Y_6 is, die in het centrale besturingsapparaat wordt uitgerekend. Nadat de gekozen markeerrelais hun contacten gesloten hebben, wordt onder besturing van de tijdpulsen TM en $TM_{1 \ldots 4}$ allereerst de positieve markeerpotentiaal tot de houddraad in de koordstroomloop toegelaten en vervolgens de negatieve markeerpotentiaal achtereenvolgens kortstondig (2 ms) aan elk der gekozen markeermultipels in de achtereenvolgende kiestrappen MX_1, MX_0, LC_1 en LC_0 aangelegd.

Zoals reeds hiervóór werd uiteengezet, wordt daarbij de spreekweg stapsgewijze opgebouwd, waarbij de achtereenvolgende kruispuntspoelen in serie in een houdketen worden opgenomen, die tenslotte via de wikkeling van het afsnijdrelais COR in de lijnstroomloop een negatieve batterij (− 48 V) vindt. In de koordstroomloop was reeds door het sluiten van het contact **m** een aarde met deze houdketen verbonden, die werkzaam wordt zodra de positieve markeerpotentiaal wordt afgesneden. Hiermee is – binnen 17 ms – het markeerproces afgelopen; het markeercircuit kan voor het opbouwen van een volgende verbinding gebruikt worden.

Het afbreken van de verbinding na beëindiging van het gesprek geschiedt – zonder tussenkomst van het markeercircuit – eenvoudig door openen van het houdcontact **m**, waarbij alle kruispunten tegelijkertijd afvallen.

De volledige opbouw van een spreekverbinding vergt gemiddeld drie markeerbewerkingen; één markeercircuit zou dus bij 50% bezetting 10 oproepen per seconde, d.i. 36000 oproepen per uur, kunnen afhandelen. Terwille van de autonomie der standaardnetwerkeenheden en de bedrijfszekerheid zijn aan elk daarvan twee markeercircuits toegevoegd, die samen in normale gevallen slechts een breukdeel van dit verkeersaanbod te verwerken krijgen. Wordt een oproep gedetecteerd dan wordt aldus, onder besturing van het centrale besturingsapparaat en met behulp van de schalmtester en het markeercircuit, een verbinding tussen de oproepende abonnee en een vrije koordstroomloop tot stand gebracht; is de oproepende abonnee als druktoetsapparaatbezitter gekenmerkt, dan wordt tevens een vrije druktoetstoonontvanger via het daartoe dienende toegangsnetwerk aan de koordstroomloop aangeschakeld. Door bekrachtiging van een relais in de koordstroomloop wordt de kiestoon uitgezonden, waarna de abonnee het gewenste nummer instuurt. Dit wordt met behulp van de stroomlooptester, die de koordstroomlopen resp. de toonontvangeruitgangen herhaaldelijk aftast, naar de centrale besturing doorgegeven, die aan de hand van deze informatie uitmaakt, met welke abonneelijn, resp. welke groep uitgaande overdragers, een verbinding tot stand gebracht moet worden.

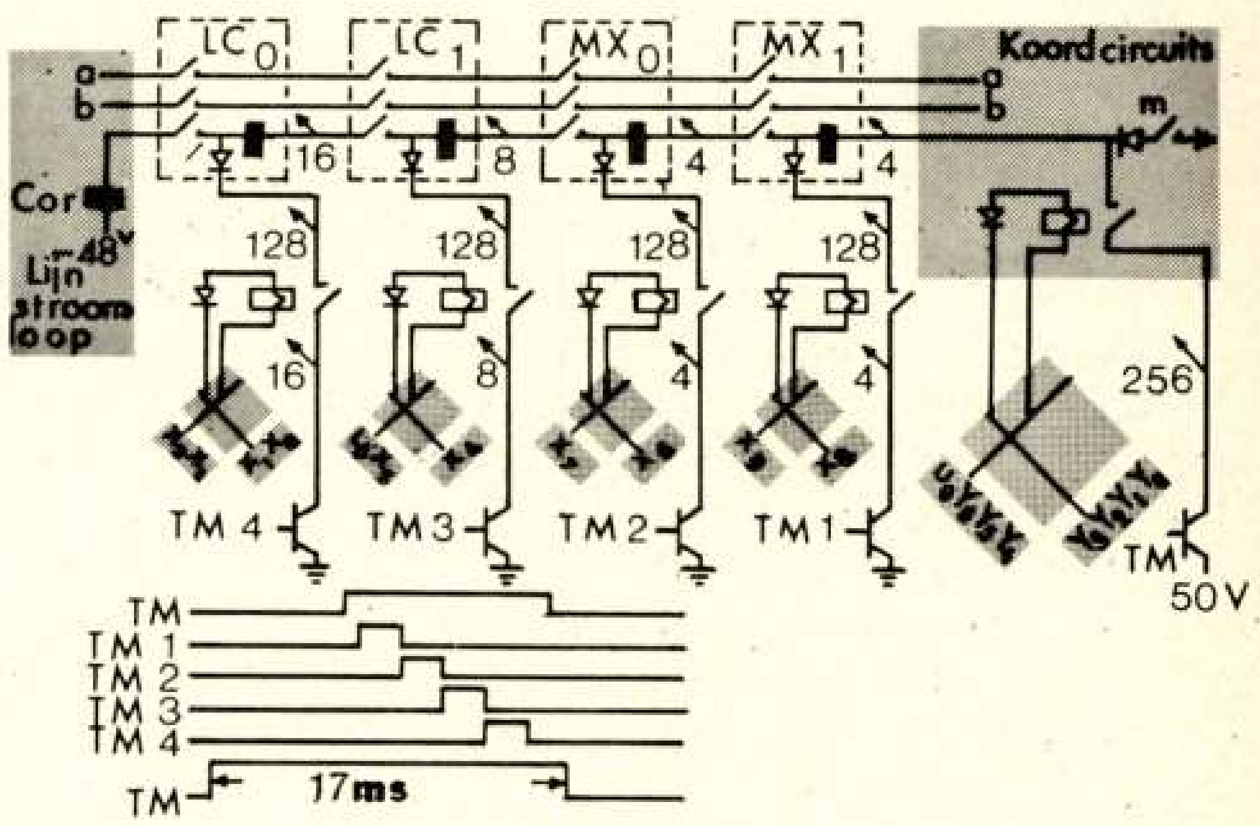


Fig. 9. Markeerprocédé.

In fig. 6 en 7 bemerkt men, rechts van de groep koordstroomlopen, een tweetrapsmengnetwerk JXP met 8 vlakken, dat aan elk der koordstroomlopen toegang verschaft – via 16 paden – tot:

a. een concentratienetwerk (TCP) met 16 vlakken waaraan de uitgaande overdragers aangesloten zijn;
b. de rechterzijde van het eerdergenoemde mengnetwerk MXP, via hetwelk opgeroepen abonnees bereikt kunnen worden.

Parallel met de ingangen en uitgangen van het mengnetwerk JXP zijn twee ééntrapsnetwerken JDP, resp. JTP, aangesloten, die op dezelfde wijze als dit mengnetwerk aan elke koordstroomloop van deze lijngroep via 16 paden toegang verschaffen tot de abonneelijnen en uitgaande overdragers in andere lijngroepen, resp. aan koordstroomlopen in andere lijngroepen toegang verschaffen tot abonneelijnen en uitgaande overdragers in deze lijngroep.

Met behulp van deze netwerken kan de gewenste verbinding na het nummerzenden in beginsel langs 16 verschillende wegen voltooid worden. Blijkt geen van de 16 wegen geheel beschikbaar te zijn, dan wordt de aanvankelijk gebruikte koordstroomloop vrijgegeven en worden in beginsel alle andere koordstroomlopen in beschouwing genomen, om te trachten alsnog een spreekweg uit vrije schalmen op te bouwen. Tot dit meer bewerkelijke procécé behoeft de centrale besturing slechts in een kleine minderheid van de gevallen haar toevlucht te nemen.

Een uitgaande verbinding binnen de lijngroep verloopt dus, zoals in fig. 7 met een stippellijn is weergegeven, van de abonneelijn via LC_0-LC_1, MX_0-MX_1, JX_0-JX_1, TC en eventueel TX naar de uitgaande overdrager. Een inkomende verbinding verloopt via TE_0-TE_1, MX_0-MX_1, JX_0-JX_1, MX_1-MX_0 en LC_1-LC_0 naar de gewenste abonnee; een lokale verbinding verloopt via LC_0-LC_1, MX_0-MX_1 en verder zoals een inkomende verbinding. Hetzelfde geldt voor verbindingen die over twee lijngroepen lopen, met dien verstande dat de wegen dan over JD-JT verlopen in plaats van over JX_0-JX_1.

3.3. Netwerkbesturing

Zoals reeds vermeld omvat de aan elke netwerkeenheid toegevoegde netwerkbesturing afvraag-, markeer- en relaisbesturingsstroomlopen. In de in fig. 10 getoonde uitvoering zijn er drie stroomlopen van de eerste categorie, nl. de lijntester, de netwerk- of schalmtester en de stroomlooptester, resp. voor lijnbewaking, schalmonderzoek en onderzoek van relaisstanden; het markeercircuit en de relaisbesturing zijn samengevat in één inrichting.

Afvraag- en markeerorders van 16 bits worden toegevoerd via de besturingskabel (bus) en via een afzonderlijk door de centrale besturing gestuurde toegangspoort tot een voor al de genoemde inrichtingen gemeenschappelijk perifeerregister met een capaciteit van 16 bits toegelaten. De eerste vier bits duiden de gewenste functie aan; deze worden gedecodeerd; zij leiden aldus tot het selectief openen van de toegangspoort, waardoor de resterende bits (max. 12) tot de gewenste inrichting worden toegelaten. In het geval van afvraagcircuits dienen deze resterende bits voor het kiezen van een groep van 16 testpunten, die dientengevolge alle tegelijk een afvraagimpuls ontvangen, welke afhankelijk van de potentiaal van elk testpunt al of niet wordt doorgelaten. Het resultaat wordt in de vorm van een 16-bitwoord in het perifere register vastgelegd, vanwaar het enkele microseconden later door de centrale besturing wordt afgehaald. Het gehele afvraagproces duurt in beginsel niet langer dan 8 μs.

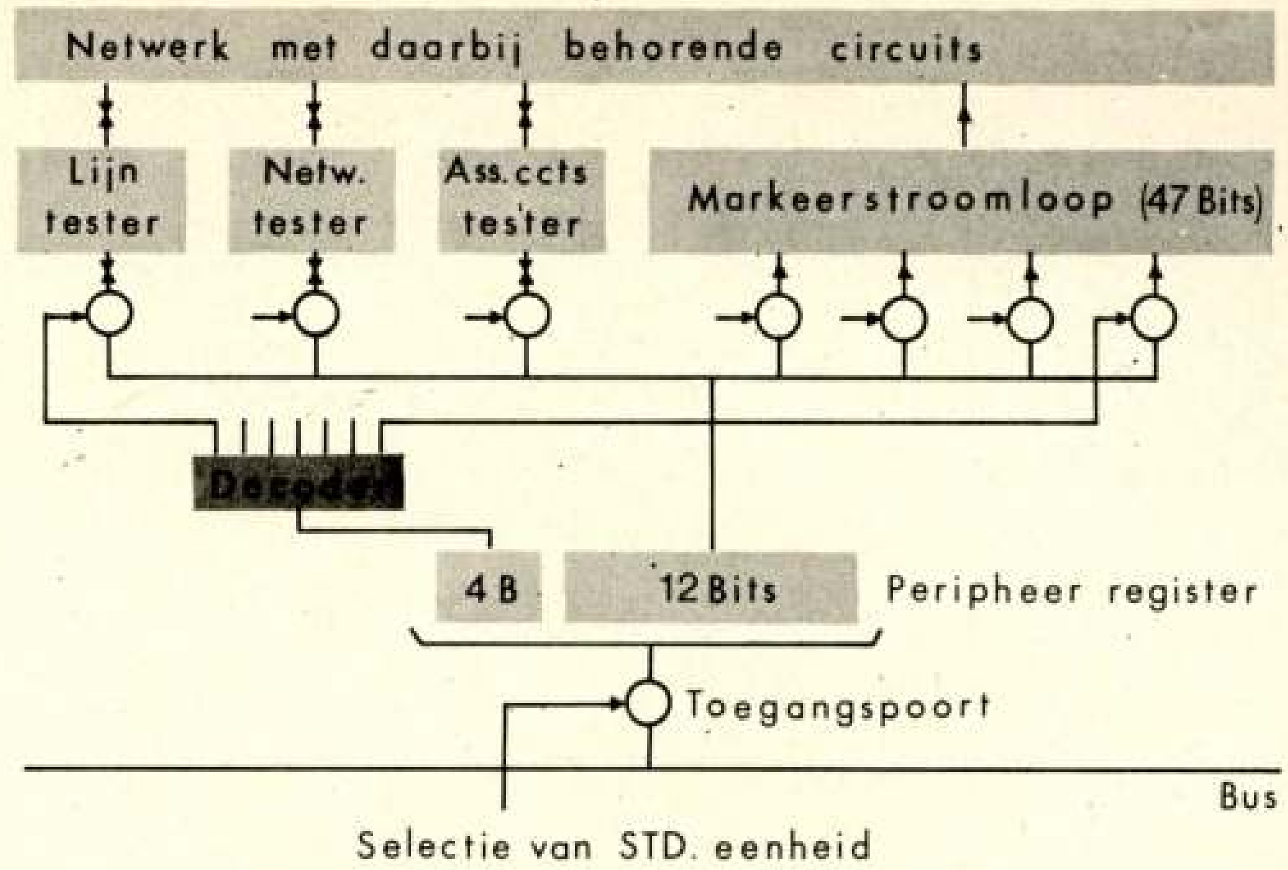


Fig. 10. Netwerkbesturing.

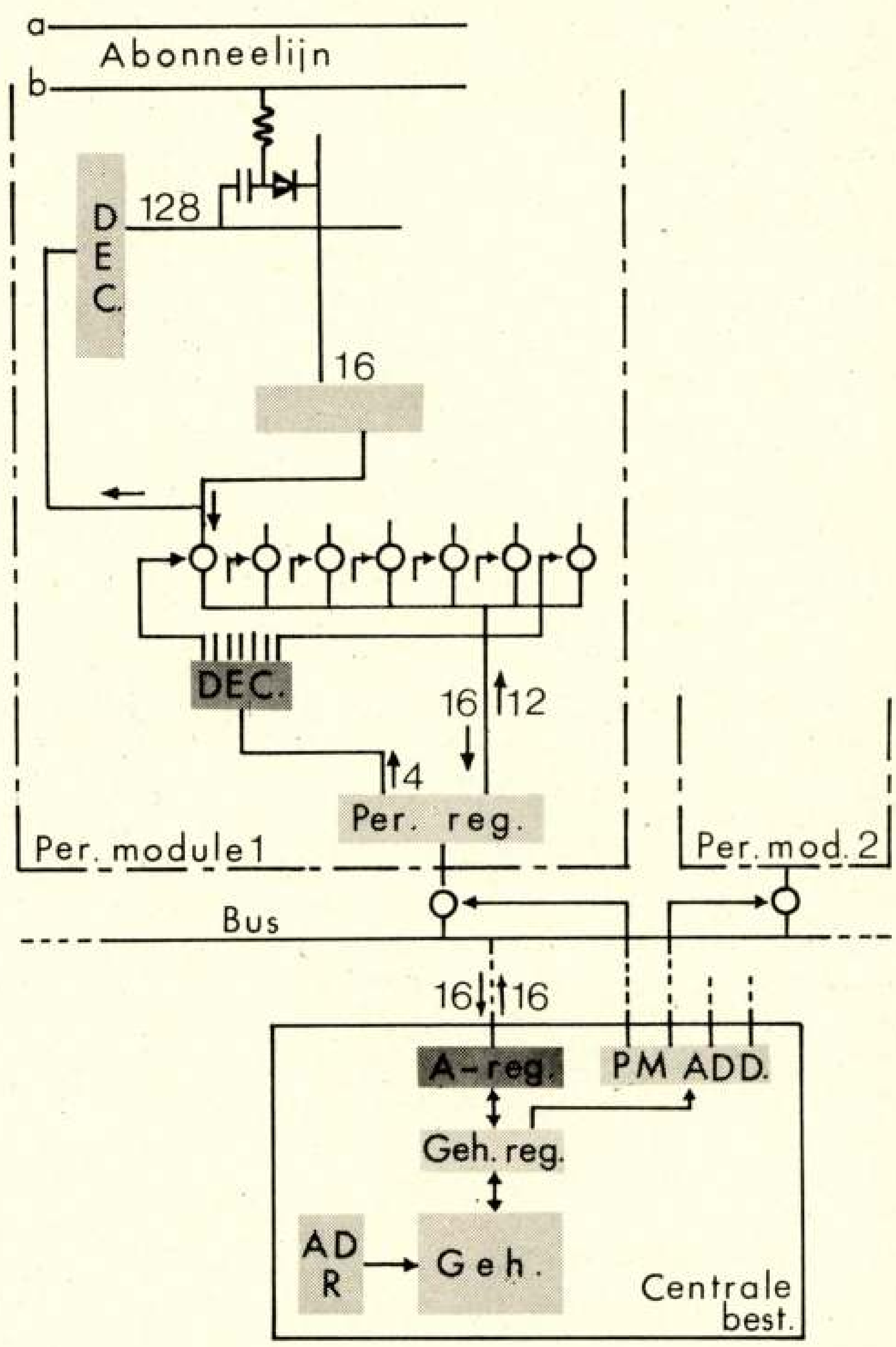


Fig. 11. Relatie tussen centrale besturing en netwerkbesturing.

Een markeer- of relaisbesturingsorder bevat expliciet de binaire coördinaten van de op te bouwen verbinding, resp. de coördinaten alsmede de gewenste standen van de te besturen relaisgroep, welke gegevens beschikbaar moeten blijven totdat de order geheel is uitgevoerd. Te dien einde omvat de markeerinrichting een eigen bufferregister dat 47 bits kan bevatten en dat via de besturingskabel en het perifere register in vier achtereenvolgende zendingen wordt opgevuld. Elke zending –

van 12 bits elk – wordt vergezeld van een andere functiecode, welke codes achtereenvolgens de toegangspoorten tot vier opeenvolgende secties van het 47-bit-bufferregister openen.

In fig. 11 is, behalve de besturingskabel en het daarmee samenwerkende gedeelte van het centrale besturingsapparaat (onderste gedeelte), tevens het principe van de lijntester (bovenste gedeelte) schematisch weergegeven. De lijnondervragingsorder wordt uit het geheugen van de centrale besturing uitgelezen; zij komt via het uitleesregister in het A-register. Tevoren werd echter reeds een ander adreswoord uitgelezen (en in een ander register opgeslagen), dat aangeeft met welke netwerkeenheid (P.M.) het centrale besturingsapparaat op dat ogenblik werkt en dat de toegangspoort tot het betreffende perifere register opent.

Duidt de functiecode (4 eerste bits van de afvraagorder) de lijntester aan, dan worden de resterende bits (in dit geval slechts 7 van de 12) tot de decodeermatrix (links boven) toegelaten, waardoor selectief aan één van de 128 groepen van 16 lijntestpunten een ondervragingsimpuls wordt toegezonden. Elk testpunt omvat een diode, die door een via weerstanden van de abonneelijn afgeleide potentiaal in de sperrichting gepolariseerd wordt. Al naar gelang de abonneebus open of gesloten is, is de drempel hoog of laag en wordt de via de condensator toegevoerde afvraagimpuls geblokkeerd of doorgelaten; de werking van de overige afvraagcircuits berust op hetzelfde beginsel.

3.4. Centrale Besturing

Zoals reeds vermeld wordt de centrale besturing verzorgd door twee identieke, onafhankelijk werkende elektronische besturingsapparaten, die elk ongeveer de helft van het aangeboden verkeer behandelen en elkaar van de voornaamste transacties, die zij uitvoeren, op de hoogte houden. Elk van deze apparaten verschilt in opbouw niet of nauwelijks van een 'general purpose computer'. Zoals in fig. 12 is weergegeven, neemt daarin het gemeenschappelijke geheugen een centrale plaats in. Voor het uitlezen en inschrijven van een geheugenwoord (16 bits) wordt het adres van dit woord in het adresregister (AR) ingesteld, waarna op het commando 'lezen' het gewenste woord uit het geheugen naar het geheugenregister wordt overgebracht, waar het gedurende de lees-schrijfcyclus beschikbaar blijft.

Het programma bestaat uit een opeenvolging van instructiewoorden, die elk een operator, d.i. een code bevatten, die aangeeft welke bewerkingen uitgevoerd moeten worden. Deze operator wordt naar het instructieregister overgebracht en aldaar gedecodeerd, ten einde in de besturingseenheid (control unit) het vereiste besturingsprogramma (micro-program) uit te kiezen, dat zorgt dat de vereiste schakelhandelingen in de juiste volgorde afgewikkeld worden.

De bewerkingscyclus van een instructie kan één of meer geheugencyclussen omvatten. Bevat de operand, d.i. het overige gedeelte van het instructiewoord, een geheugenadres, dan wordt dit in het adresregister ingeschreven, waarna opnieuw een leescommando wordt gegeven. De operator blijft gedurende de gehele instructiecyclus in het instructieregister ten einde het nieuwe geheugenwoord (in het algemeen een oproepdata-woord) aan de vereiste bewerkingen te onderwerpen.

Rekenkundige en logische bewerkingen (optellen, aftrekken, vergelijken, enz.) worden op het in het geheugenregister ingelezen woord uitgevoerd met behulp van de rekeneenheid (arithmetic unit), waarna het resultaat in het A- en/of B-register wordt vastgelegd.

Inmiddels wordt een nieuw adres uit de programmateller (P.C.) naar het adresregister overgebracht, zodat onmiddellijk na beëindiging van de voorgeschreven bewerkingen weer een nieuwe instructie kan worden uitgelezen.

Tijdens de afwikkeling van een programmareeks werkt de P.C. als een gewone teller, zodat de instructies de een na de ander worden uitgelezen en uitgevoerd. Moet naar een andere programmareeks worden overgegaan, dan wordt onder besturing van de besturingseenheid het adres van de eerste instructie van de nieuwe reeks van het geheugenregister naar de P.C. overgebracht.

Het voorgaande beschrijft de inwendige organisatie van het besturingsapparaat; ondanks haar eenvoud is zij in staat om met behulp van geschikte programma's een zeer grote verscheidenheid van bewerkingen tot stand te brengen.

Ten einde de netwerkeenheden te besturen kan het besturingsapparaat, meer in het bijzonder het A-register, onder besturing

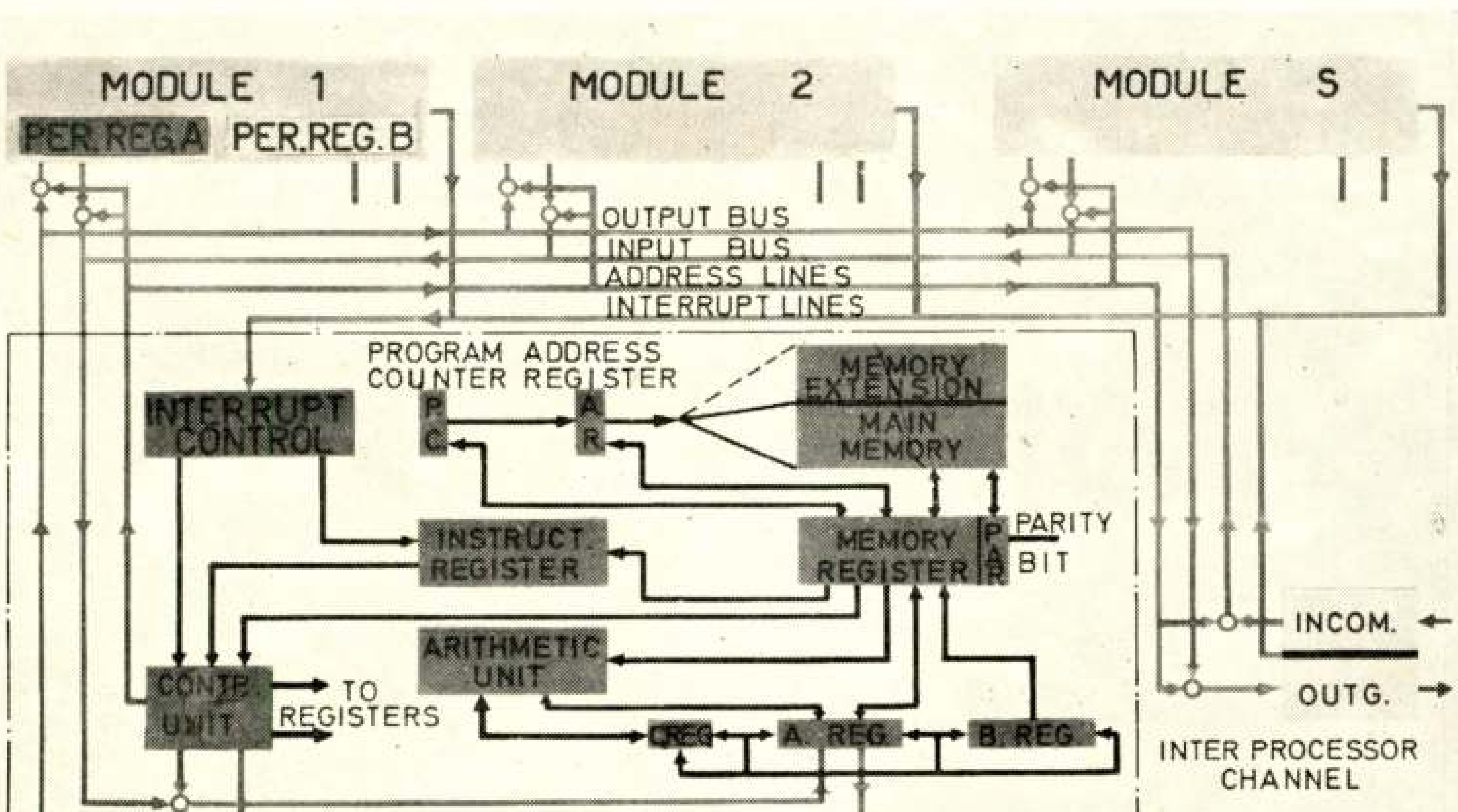


Fig. 12. Blokschema van het centrale besturingsapparaat.

van de besturingseenheid, via de uitgangs- en ingangskabels (output bus, resp. input bus) met de periferische registers in verbinding worden gesteld. Moet een ondervraging of een markering plaatsvinden, dan wordt door het programma in het A-register een desbetreffend commandowoord opgesteld; een speciaal subprogramma zorgt voor het uitzenden van dit woord naar de gewenste netwerkeenheid en, zo nodig, voor het binnenbrengen van het antwoord. Op soortgelijke wijze geschiedt de besturing van de toestellen voor het bedieningspersoneel, zoals de verreschrijver enz., die daartoe elk via een aanpassingscircuit aan de in- en uitgangskabels zijn aangesloten. Eveneens is daarop het communicatiekanaal voor uitwisseling van berichten met het andere besturingsapparaat (interprocessor channel) aangesloten.

Het geheugen bevat niet alleen de volledige besturingsprogramma's voor de besturing van de netwerkeenheden en de bedieningsapparaten, doch tevens alle vaste of aan wijziging onderhevige gegevens betreffende lijnkenmerken, plaatsnummers, routering, signalering enz., terwijl het eveneens dienst doet als werkgeheugen, waarin, per oproep, identificatie- en kiesinformatie en soortgelijke gegevens worden opgeslagen, zolang dit voor de oproepbehandeling noodzakelijk is.

Zoals reeds onder 2.2. onder verwijzing naar de fig. 2 en 3 werd vermeld, moeten de verschillende besturingsfuncties die op het netwerk betrekking hebben, volgens een vastgestelde – om de 14 ms herhaalde – tijdvolgorde afgewikkeld worden. Op het ogenblik waarop de centrale tijdgever het vertreksignaal geeft, is het besturingsapparaat met de uitvoering van een of ander minder urgent programma bezig; dit moet dus onderbroken worden en de op dat ogenblik in de verschillende registers en in de P.C. aanwezige gegevens moeten op bepaalde plaatsen in het geheugen worden opgeborgen, waaruit zij weer te voorschijn gehaald kunnen worden zodra het onderbroken programma kan worden voortgezet. Hiertoe dient de onderbrekingsbesturing (interrupt control), welke door aanbrengen van een signaal op één der onderbrekingsleidingen (interrupt lines) in werking gesteld wordt. Dezelfde inrichting wordt eveneens gebruikt om berichten, die bijv. van de netwerkeenheden of van het andere besturingsapparaat afkomstig zijn en die niet kunnen wachten, in het geheugen te kunnen inschrijven.

4. Besluit

Het hierboven beschreven 10-C stelsel heeft tijdens de proefperiode, waarin het het automatische telefoonverkeer van 600-900 abonnees in het Antwerpse telefoonnet heeft verzorgd, volledig aan de verwachtingen beantwoord. De meest in het oog vallende kenmerken zijn ruimtebesparing, geruisloze werking, zeer weinig onderhoud en de grote flexibiliteit van de programmabesturing, die tot een grote vereenvoudiging van de exploitatie leidt en die het mogelijk maakt, nieuwe abonneefaciliteiten of andere wijzigingen op zeer eenvoudige wijze zonder tijdelijke storing aan te brengen.

Literatuur

[1] DE KROES, J. L.: Semi-elektronische telefooncentrales I. Enige aspecten van volledig elektronische en half-elektronische telefooncentrales. *De Ingenieur*, Jaargang **80**, nr. 33, blz. ET 105, 1968.
[2] SCHURINGA, T. M.: Semi-elektronische telefooncentrales II. 'Reed'-contacten voor automatische telefonie. *De Ingenieur*, Jaargang **80**, nr. 33, blz. ET 112, 1968.
[3] EDSTRÖM, N. H.: Semi-elektronische telefooncentrales III. A stored program computer controlled telephone switching system. *De Ingenieur*, Jaargang **80**, nr. 38, blz. ET 125, 1968.
[4] GOEBERTUS, H. J.: Semi-elektronische telefooncentrales IV. Het principe en de werking van programma-bestuurde telefooncentrales van het type AKE (L. M. Ericsson code). *De Ingenieur*, Jaargang **80**, nr. 38, blz. ET 139, 1968.
[5] POELMAN, ir. E. E. P.: Semi-elektronische telefoonsystemen V. Enkele aspecten betreffende de betrouwbaarheid van samengestelde semi-elektronische telefoonsystemen. *De Ingenieur*, Jaargang **79**, nr. 34, blz. E 136, 1967.
[6] ADELAAR, H. H. en MASURE, J.: Semi-electronic reed crosspoint telephone switching system 10-CX. *Electrical Communication*, Vol. **42**, nr. 1, blz. 33-46, 1967.

525.23:550.38:551.594

URSI-Onderwerpen [1])

3. Elektrische stromen in de magnetosfeer [2])

door drs. D. van Sabben, Koninklijk Nederlands Meteorologisch instituut te De Bilt

Summary: *Electric currents in the magnetosphere.*
A survey is given of the electric currents which occur in the magnetosphere and its boundary regions, the ionosphere and the magnetopause. Partly as a result of observations by means of rockets and satellites, some ideas about these current systems, based on long series of data on magnetic variations, have been revised recently and new current systems have been discovered.

On theoretical grounds it seems likely that currents flow along magnetic lines of force from the northern to the southern ionosphere and vice versa in connection with the daily variation of the field. Other contributions to the daily variation must come from the current systems in the magnetopause and in the tail of the magnetosphere. The formation of the quiet time ring current belt and the occurrence of bays and magnetic storms are also considered.

Inleiding

Op meer dan 150 stations, verspreid over de gehele aarde, worden continu de variaties van het magnetisch veld geregis-

[1]) Voordrachten gehouden tijdens de 199e werkvergadering van het NERG op 22 november 1968 te Eindhoven.
Zie voor deel 1 *De Ingenieur* jaargang 81, nr. 20 blz. ET 80 en voor deel 2 *De Ingenieur* jaargang 81, nr. 24 blz. ET 89.
[2]) Manuscript ontvangen 15 mei 1969.

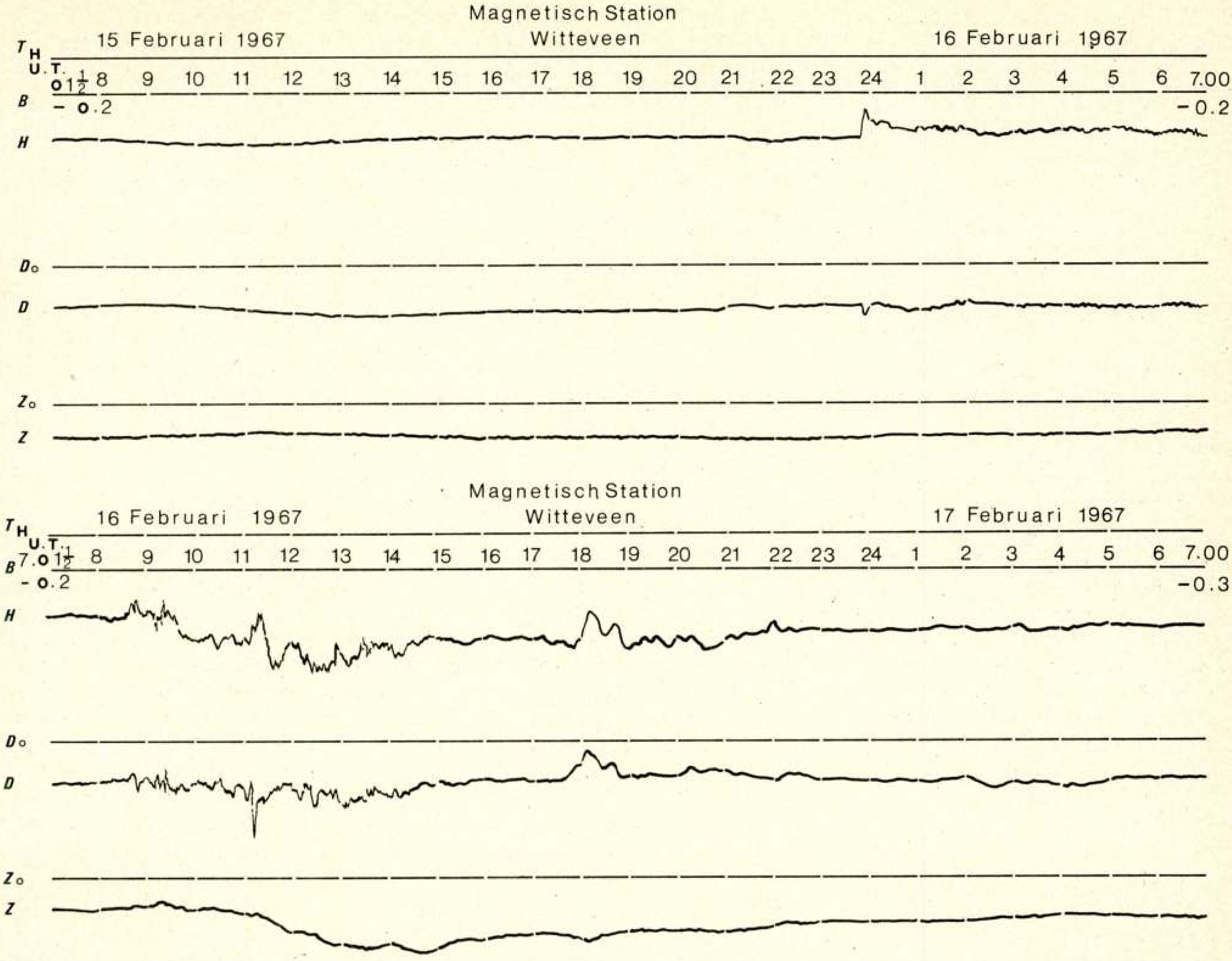


Fig. 1. Magnetogrammen van het magnetisch station van het K.N.M.I. te Witteveen (Dr.) met registraties van de horizontale component *H*, de declinatie *D* en de verticale component *Z*. Op 15 februari tussen 0700 en 1800 UT is de dagelijkse variatie zwak te onderscheiden. Omstreeks middernacht begint een magnetische storm met een plotselinge inzet (SSC, toeneming van *H*), 9 uur later gevolgd door de sterkste storingen, waarbij de ringstroom geactiveerd wordt (afneming van *H*). Tijdens het herstel treedt een dubbele positieve baaistoring op (16 februari, 1800-1900 UT).

treerd. Een aantal van deze stations is opgericht naar aanleiding van het Internationaal Geofysisch Jaar 1957/58, maar de meeste bestaan reeds veel langer en op sommige stations werd al in de vorige eeuw met de geregelde registratie begonnen. Uit de verzamelde gegevens werden in de loop der jaren belangrijke conclusies getrokken.

Zo was het reeds lang voor het begin van het ruimte-onderzoek bekend dat de verschillende typen van variaties die in de dagelijkse magnetogrammen voorkomen (zie bijvoorbeeld fig. 1), het directe of indirecte effect zijn van elektrische stromen, hetzij in de ionosfeer, hetzij op grotere afstand buiten de aarde. Er was echter geen zekerheid omtrent de werkelijke plaats van de stroomsystemen..

Bij de interpretatie van een bepaalde waargenomen magnetische variatie moet men in de eerste plaats rekening houden met de bijdrage van het stroomsysteem dat door de gezochte buiten-aardse stroom in de aarde wordt geïnduceerd. Door een nauwkeurige analyse van de waarnemingen aan het aardoppervlak kan deze bijdrage bepaald en geëlimineerd worden, zodat alleen het directe effect van de buiten-aardse stroom overblijft. Maar ook dan is het nog niet mogelijk om zonder meer te concluderen waar deze stroom zich bevindt. Er zijn ruimtelijk gezien altijd meerdere stroomsystemen met hetzelfde magnetische effect aan het aardoppervlak denkbaar. Met aanvullende gegevens en theoretische beschouwingen, bijvoorbeeld over het geleidend vermogen op verschillende hoogten, kan dan de best denkbare oplossing gezocht worden.

Volgens deze werkwijze werden modelvoorstellingen ontwikkeld. Het moderne onderzoek met raketten en satellieten heeft het mogelijk gemaakt deze voorstellingen te toetsen aan metingen in de ruimte. Bepaalde opvattingen, bijvoorbeeld die omtrent de aard van de ringstroom, moesten gewijzigd worden. Er zijn ook nieuwe, tot nu toe onbekende, stroomsystemen aangetoond.

Een van de eerste ontdekkingen bij het ruimte-onderzoek was die van het bestaan van een permanente, van de zon af gerichte stroming van elektronen en protonen (de zonnewind), waardoor het aardmagneetveld opgesloten wordt in een beperkte ruimte (de magnetosfeer). De buitenste grenslaag van de magnetosfeer, de magnetopauze, bevindt zich aan de zon-

zijde van de aarde tijdens ongestoorde toestanden op ongeveer 10 aardstralen afstand. Boven de schemeringscirkel is deze afstand ongeveer 14 aardstralen, terwijl aan de nachtzijde de magnetopauze steeds verder terugwijkt en een cilinder vormt met een diameter van ongeveer 20 aardstralen die zich tot op zeer grote, nog onbekende, afstand voortzet.

Aan de binnenzijde wordt het grensgebied van de magnetosfeer gevormd door de ionosfeer. Bij beschouwingen over stromen in de magnetosfeer speelt de ionosfeer een belangrijke rol.

Stroomsystemen van de dagelijkse variatie

De dagelijkse terugkerende golfvormige variatie van de magnetische veldsterkte is, volgens de dynamo-theorie van Balfour-Stewart (zie bijv. Chapman en Bartels, [5]), een gevolg van een stroomsysteem dat dagelijks in de ionosfeer ontstaat door de getijdenbeweging van de lucht ten gevolge van gravitatie van zon en maan en verwarming door zonnestraling. De in de ionosfeer aanwezige elektronen en ionen worden door de getijdewind (snelheid $\bar{v}$) meegevoerd en voor zover de beweging plaatsvindt dwars op de krachtlijnen van het magnetisch veld (veldsterkte $\bar{B}$) veroorzaakt zij een e.m.k. van inductie $\bar{F} = \bar{v} \times \bar{B}$. Onder invloed van $\bar{F}$ zullen er zodanige ruimteladingen ontstaan dat zich een gesloten stroomcircuit kan instellen, geregeld door een elektrische potentiaal V. In de ionosfeer met zijn sterk anisotroop geleidend vermogen, hangt de stroomdichtheid $\bar{j}$ met de elektrische veldsterkte $E = \bar{F} - \text{grad } V$ samen volgens:

$$\bar{j} = \bar{\sigma}_0 \cdot \bar{E} + \sigma_1 \cdot \bar{E}_t + \sigma_2 \cdot \frac{\bar{B} \times \bar{E}}{B}$$

waarin E_t de transversale component van de veldsterkte is, loodrecht op $\bar{B}$, terwijl σ_0, σ_1 en σ_2 respectievelijk de longitudinale-, Pedersen- en Hallconductiviteiten van de ionosfeer voorstellen, die op zeer verschillende wijze door de botsingsfrequenties der deeltjes worden bepaald. σ_1 en σ_2 zijn het grootst op een hoogte van 100-150 km, σ_0 neemt snel toe met de hoogte en is reeds op 100 km veel groter dan σ_1 en σ_2. De genoemde ruimteladingen kunnen dus langs de krachtlijnen uitvloeien tot in de magnetosfeer. Zij zullen daar blijven hangen en aanleiding geven tot een verticaal polarisatieveld in de ionosfeer dat de horizontale stroom beïnvloedt. Langs de magnetische equator bijvoorbeeld wordt de van west naar oost gerichte ionosfeer-stroom zodanig versterkt dat men spreekt van de 'equatoriale electrojet'. De orde van grootte van de stromen die men volgens deze theorie vindt op grond van berekende waarden van σ_0, σ_1, σ_2 en van de waargenomen ionosferische windsnelheden is in overeenstemming met de grootte van de waargenomen magnetische variaties. Een verdere toetsing van de theorie zal echter pas mogelijk zijn als het windsysteem volledig bekend is.

De klassieke dynamotheorie houdt geen rekening met een mogelijke uitwisseling van elektrische lading tussen het noordelijke en zuidelijke halfrond langs de krachtlijnen door de magnetosfeer. Op dit punt zal deze theorie waarschijnlijk belangrijk gecorrigeerd moeten worden.

De werkelijke toestand in de ionosfeer is namelijk in het algemeen verre van symmetrisch in de omgeving van het noordelijke en zuidelijke snijpunt van een krachtlijn met de ionosfeer. Niet alleen het geleidend vermogen en de getijdewind, maar ook de magnetische veldsterkte hebben verschillende waarden in deze geconjugeerde punten (de afwijkingen van het dipoolveld, dat als eerste benadering dient, zijn meer dan 20% over de grote delen van het aardoppervlak). Indien men de wind zou kennen en voor de beide halfronden afzonderlijk de elektrische potentiaal V zou oplossen uit de differentiaalvergelijking die volgt uit de voorwaarde div $\bar{j} = 0$, dan zou de oplossing voor V zeker geen noord-zuid symmetrie bezitten, zodat tussen de geconjugeerde punten een potentiaalverschil V_n-V_s zou bestaan. Het geleidend vermogen σ_0 langs de krachtlijn is echter zo groot dat aangetoond kan worden dat V_n-V_s vrijwel nul zal zijn, wanneer tenminste langs de gehele krachtlijn het magnetosferisch plasma een voldoend hoge dichtheid en lage temperatuur bezit om de Wet van Ohm van toepassing te doen zijn. Op grond van gegevens die o.a. zijn verkregen uit de studie van 'whistlers' weten we dat aan deze voorwaarde hoogstwaarschijnlijk is voldaan voor die krachtlijnen, die de ionosfeer snijden op een magnetische breedte kleiner dan 60°. Dit betekent dat voor het gebied waar de dagelijkse variatie van het magnetisch veld het grootst is, de beide halfronden elektrisch gekoppeld zijn.

Men kan dus verwachten dat er, ten gevolge van de ionosferische dynamowerking, stromen zullen lopen langs de krachtlijnen door de magnetosfeer tussen het noordelijke en zuidelijke halfrond. Er zijn daarbij twee basistypen van gesloten circuits mogelijk (zie fig. 2), waaruit alle mogelijke stroomsystemen samengesteld gedacht kunnen worden. Dergelijke ruimtestromen zullen een bijdrage leveren tot de waargenomen dagelijkse variatie van het magneetveld aan het aardoppervlak. Hierdoor is het niet meer mogelijk het ionosferische stroomsysteem op eenvoudige wijze uit de waarnemingen af te leiden en in beeld te brengen door middel van het magnetisch potentiaalveld van de waargenomen variatie, zoals dit gedaan kan worden voor stromen die geheel in de ionosfeer lopen (fig. 3). Om het ionosferisch stroomsysteem te bepalen zal eerst het effect van de ruimtestromen geëlimineerd moeten worden.

Daar de krachtlijnstromen een (magnetisch) noord-zuid-symmetrische bijdrage tot het magnetisch potentiaalveld van de waargenomen variatie leveren, heeft hun aanwezigheid geen invloed op de relatie tussen het noord-zuid-symmetrische deel van het ionosferisch stroomsysteem en het anti-symmetrische deel van het magnetisch potentiaalveld. Men kan hiervan gebruik maken bij de berekening van de krachtlijnstromen, waar-

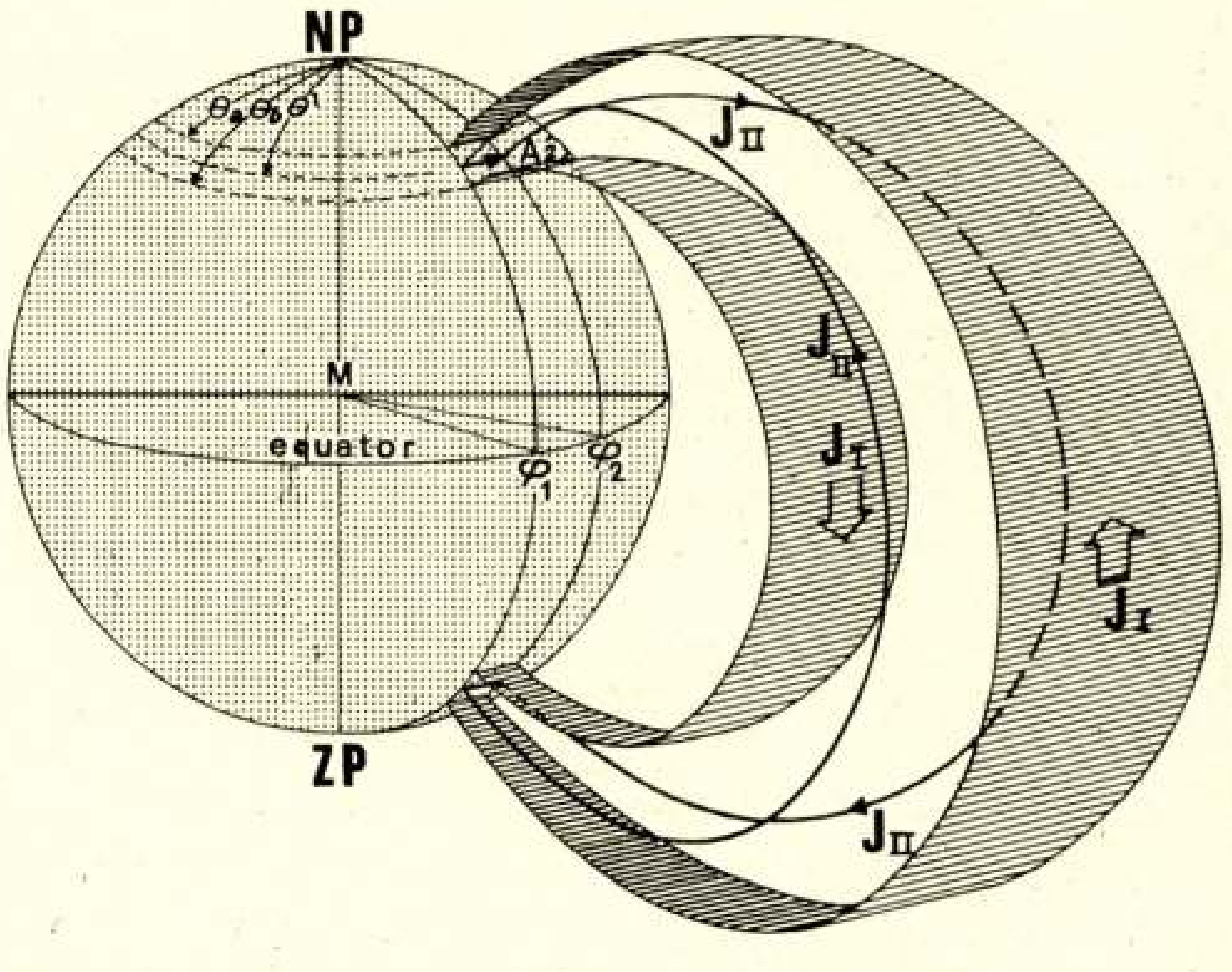


Fig. 2. Typen van krachtlijnstroomsystemen, waarbij het circuit gesloten wordt via de ionosfeer (Van Sabben [6]).
I. In de ionosfeer loopt de stroom in meridionale richting.
II. In de ionosfeer loopt de stroom in longitudinale richting.

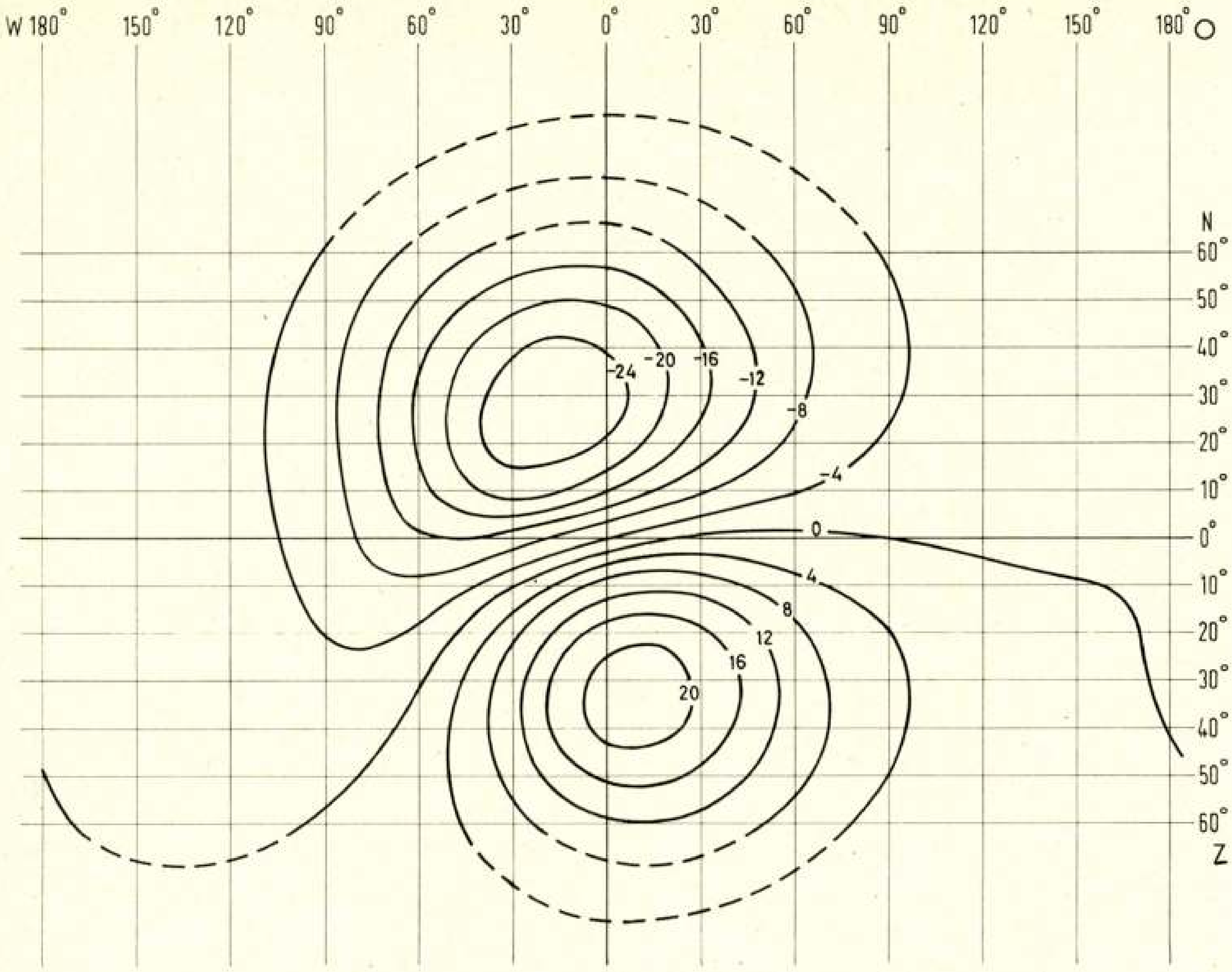


Fig. 3. Magnetisch potentiaaldiagram van de gemiddelde dagelijkse variatie gedurende het etmaal van 21 september 1958 in eenheden van 10^4 e.m.e. tevens diagram van het stroomsysteem van de dagelijkse variatie als verondersteld wordt dat dit geheel in de ionosfeer ligt. Tussen de opeenvolgende lijnen vloeit dan een stroom van 4×10^4 A.

door het niet nodig is om het systeem van differentiaalvergelijkingen voor de gekoppelde hemisferen op te lossen (Van Sabben, [7]). De krachtlijnstromen worden echter mede bepaald door het anti-symmetrische windpatroon en dit is nog onvoldoende bekend.

In geval het windpatroon noord-zuid-symmetrisch zou zijn, zouden er in het algemeen toch krachtlijnstromen lopen ten gevolge van verschillen in geleidend vermogen tussen de hemisferen. Een berekening, gebaseerd op de toestand tijdens het winterseizoen op het noordelijke halfrond, voert in dit geval tot een stroomsysteem in de magnetosfeer dat hoofdzakelijk van het type J II is, met een totale intensiteit van 15% van de totale ionosfeerstroom. Deze magnetosfeerstroom zal een dienovereenkomstige bijdrage tot de dagelijkse variatie leveren. Daar hij echter verdeeld is over een groot volume, is het niet te verwachten dat hij gemakkelijk aangetoond zal kunnen worden door magnetische metingen in de ruimte. Bovendien is de magnetische veldsterkte die door een krachtlijnstroom veroorzaakt wordt loodrecht gericht op $\bar{B}$, zodat vrijwel uitsluitend de richting van het veld erdoor wordt beïnvloed, terwijl in de ruimte juist de richting veel moeilijker te meten is dan de intensiteit van het veld.

Stromen in magnetopauze en staart van de magnetosfeer

De opsluiting van het aardmagneetveld in de magnetosfeer wordt in feite bewerkt door een stroomsysteem in de magnetopauze dat daar continu aanwezig is ten gevolge van de wisselwerking van het veld met de zonnewind. Het magnetisch veld van dit stroomsysteem is zodanig dat het buiten de magnetosfeer het aardmagnetisch veld opheft, terwijl het daar binnen het aanwezige veld in het algemeen versterkt. Daar de magnetosfeer en dus ook het magnetopauze-stroomsysteem niet rotatie-symmetrisch zijn en ten opzichte van de zon in een vaste positie blijven zal de rotatie van de aarde aanleiding geven tot een bijdrage aan de dagelijkse variatie van het veld. Volgens globale berekeningen is deze bijdrage aan het aardoppervlak in grote lijnen gelijkvormig met de waargenomen dagelijkse variatie en bedraagt deze ongeveer 10% daarvan. De magnetopauze-stroom is reeds herhaaldelijk geregistreerd door magnetometers in raketten en satellieten die deze grenslaag passeerden.

Aan de nachtzijde is de magnetosfeer ten gevolge van de zonnewind zeer ver uitgerekt. De bundel krachtlijnen die de aarde verlaat in de buurt van de magnetische Zuidpool buigt in zijn geheel om naar de nachtzijde en verloopt verder ongeveer evenwijdig met de richting zon-aarde, evenals de overeenkomstige krachtlijnenbundel van het noordelijke halfrond. Naast elkaar zetten deze bundels zich voort tot op grote afstand en vormen zij de cilindervormige staart van de magnetosfeer. In de noordelijke bundel is het veld dus naar de aarde toe gericht, in de zuidelijke van de aarde af. Daartussen bevindt zich de zgn. neutrale laag, waar de magnetische veldsterkte nul is en de deeltjesdichtheid het grootst. Deze configuratie wordt in stand gehouden door een elektrische stroom die in de neutrale laag van oost naar west loopt en terugvloeit langs het noordelijke en zuidelijke deel van de cilindermantel, daarbij een dubbele solenoïde vormend. Door satellietwaarnemingen is het bestaan van dit stroomsysteem aangetoond, met inbegrip van het omklappen van het veld bij doorgang door de neutrale laag. Het magneetveld van het stroomsysteem in de staart van de magnetosfeer veroorzaakt aan het aardoppervlak een kleine bijdrage tot de dagelijkse variatie, doordat de vermindering van de horizontale component, die het veroorzaakt, aan de nachtzijde iets groter is dan aan de dagzijde.

Ringstroom tijdens magnetisch kalme perioden

De beweging van elektrisch geladen deeltjes in de magnetosfeer is drieledig (zie bijv. Alfvén en Fälthammar [1]):
a. een cirkelbeweging om de krachtlijnen
b. een heen en weer gaande beweging langs de krachtlijnen tussen twee punten aan weerszijden van het equatorvlak
c. een driftbeweging loodrecht op de meridiaanvlakken.
De eerste twee geven samen de bekende spiraalbeweging tussen twee spiegelpunten (fig. 4). De heen en weer gaande beweging geeft op zichzelf geen aanleiding tot een elektrische stroom, dàar zich steeds een gelijk aantal deeltjes met dezelfde lading in onderling tegengestelde richtingen beweegt. Voor de cirkelbeweging geldt dit ook, tenzij er een sterke dichtheidsgradiënt bestaat in radiale richting. Bij de driftbeweging daarentegen, die zijn oorzaak vindt in de inhomogeniteit van het magnetisch veld en in de kromming van de krachtlijnen, gaan de elektronen uitsluitend oostwaarts en de protonen westwaarts. Dit resulteert in een ringstroom in westelijke richting rondom de aarde, die gecentreerd is in het equatorvlak.

De driftsnelheid van een deeltje is sterk afhankelijk van zijn energie. Het zijn dan ook voornamelijk de energierijke deeltjes van de stralingsgordels die, ondanks hun geringe dichtheid, een ringstroom van betekenis geven. Hoewel er ten gevolge van de radiale dichtheidsgradiënt aan de binnenzijde van een stralingsgordel een oostwaarts gerichte stroom kan ontstaan, is aan het aardoppervlak het effect van de westwaartse ringstroom overwegend. Dit resulteert in een vermindering van de horizontale component op lage breedte en een versterking van de verticale component op hoge breedte.

Tijdens magnetisch-kalme perioden is het effect gering. Doordat de ringstroom dan vrijwel constant en axiaalsymmetrisch is zullen er geen merkbare variaties door ontstaan. Tijdens gestoorde perioden wordt de ringstroom echter versterkt en treden er fluctuaties op die wel tot magnetische variaties aanleiding geven.

Stromen tijdens magnetische storingen

In de ionosfeer verschijnt nu en dan op hoge breedte een sterk geconcentreerde, westwaarts gerichte stroom, de polaire 'electrojet'. Deze stroom ontstaat in een tijdsverloop van minder dan een uur en sterft daarna weer uit. In het magnetogram wordt hij geregistreerd als een zgn. baaistoring, die voor een station onder de electrojet hoofdzakelijk bestaat uit een tijdelijke sterke afneming van de horizontale component. De polaire electrojet treedt meestal 's nachts op en gaat dan gepaard met een dynamisch poollicht, vandaar ook wel de naam 'auroral substorm' (Akasofu [2]).

Hij vormt geen gesloten circuit rondom de pool, zodat er ergens een oostwaarts gerichte tegenstroom moet zijn. Deze wordt op enige afstand van de electrojet geregistreerd als een positieve baaistoring in de horizontale component (fig. 1). Het is nog niet bekend of de tegenstroom hoofdzakelijk in de ionosfeer loopt, dan wel hoofdzakelijk in de magnetosfeer. Boström [4] heeft verschillende theoretische mogelijkheden aangegeven voor stroomcircuits waarvan magnetische krachtlijnen deel uitmaken, die de ionosfeer snijden ter plaatse van de polaire electrojet.

De sterkere en langer durende storingen van het aardmagnetisch veld, die de naam 'magnetische storm' gekregen hebben, worden meestal ingeleid door een plotselinge dichtheidstoeneming van de zonnewindflux. Deze veroorzaakt een intensivering van het stroomsysteem in de magnetopauze en een extra samendrukking van de magnetosfeer die aan het aardoppervlak merkbaar is als een plotselinge toeneming van de magnetische veldsterkte (SSC = storm sudden commencement). In de regel volgt hierop een toeneming van de intensiteit van de ringstroom en daarmee weer een afneming van het veld, soms tot ver beneden zijn ongestoorde waarde. Dit gaat gepaard met scherpe baaistoringen en onregelmatige fluctuaties. Tegelijkertijd treedt poollicht op tot op veel lagere breedte dan gewoonlijk.

Het 'opladen' van de ringstroom tijdens een magnetische storm wijst op het ontstaan of binnendringen van nieuwe energierijke deeltjes in de stralingsgordels. Hoe dit proces precies verloopt is nog niet bekend. De ringstroom is tijdens het opladingsproces sterk axiaal-asymmetrisch (Akasofu [3]). Na de storm verdwijnt deze asymmetrie snel en herkrijgt de ringstroom geleidelijk zijn normale intensiteit. Het herstel is herkenbaar aan een soms dagenlang durende geleidelijke terugkeer van de horizontale component aan het aardoppervlak tot zijn normale ongestoorde niveau.

Het bestaan van de geactiveerde ringstroom is door satellietmetingen aangetoond. Verwacht mag worden dat langs deze weg ook spoedig meer bekend zal worden over de stromen die tijdens magnetische stormen langs de krachtlijnen vloeien, daar deze een veel sterkere concentratie hebben dan in het geval van de dagelijkse variatie.

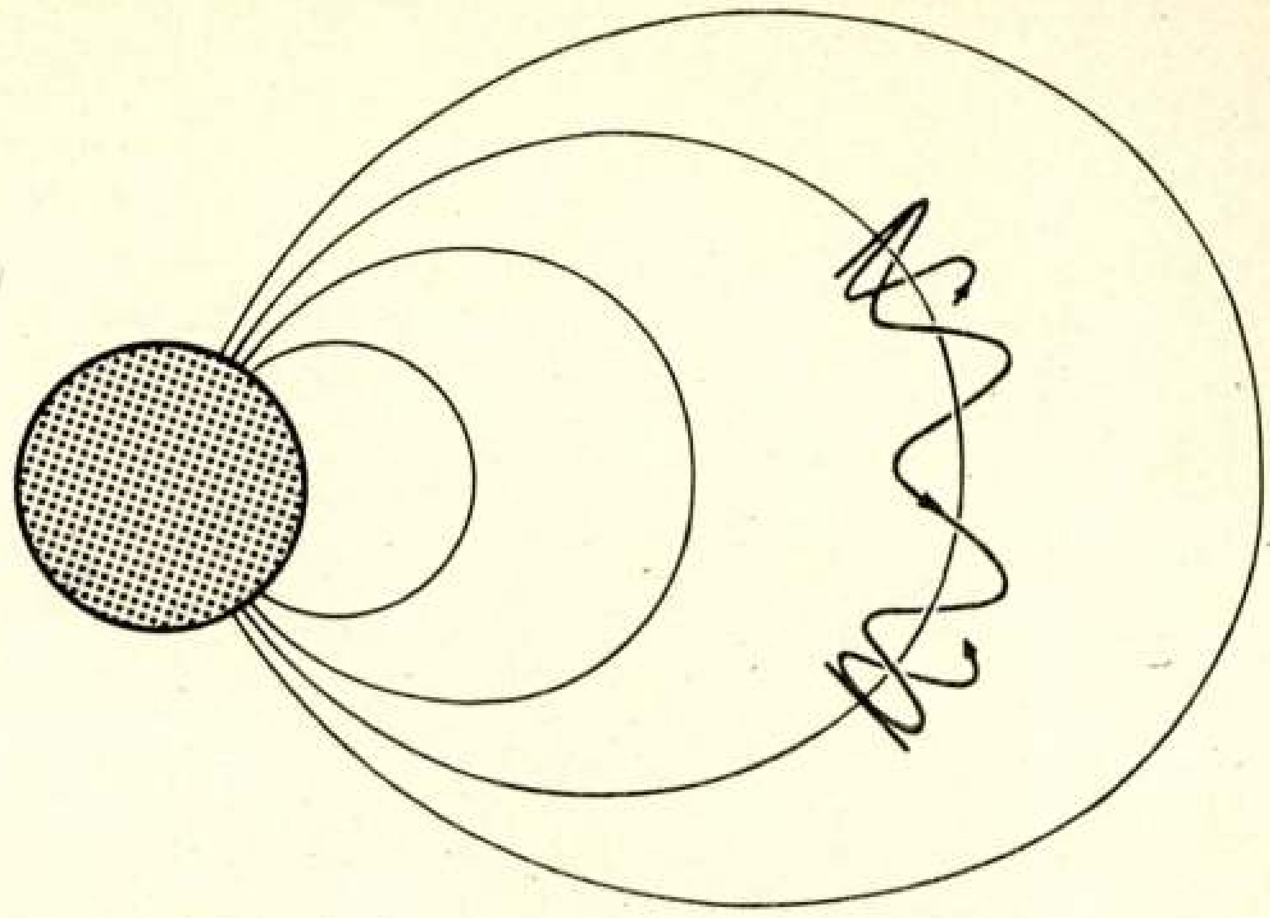


Fig. 4. Spiraalbeweging van een elektron dat gevangen is in het magneetveld van de aarde (Veldkamp, [8]).

Literatuur

[1] ALFVÉN, H. en FÄLTHAMMER, C. G.: Cosmical Electrodynamics. Oxford, Clarendon Press. (1963).
[2] AKASOFU, S. I.: Dynamic morphology of auroras. Space Science Reviews, vol. **4**, p. 498-540 (1965).
[3] AKASOFU, S.I.: Electrodynamics of the Magnetosphere: Geomagnetic Storms. Space Science Reviews, vol **6**, p. 21-143 (1966).
[4] BOSTRÖM, R.: A model of the auroral electrojets. J. Geophys. Res. **69**, p. 4983-5000 (1964).
[5] CHAPMAN, S. en BARTELS, J.: Geomagnetism. Oxford, Clarendon Press (1940).
[6] VAN SABBEN, D.: Magnetospheric currents, associated with the N-S-asymmetry of Sq. J. Atm. Terr. Physics, vol. **28**, p. 965-981 (1966).
[7] VAN SABBEN, D.: The computation of magnetospheric currents, caused by dynamo-action in the ionospere; J. Atm. Terr. Physics, vol. **31**, p. 469-474 (1969).
[8] VELDKAMP, J.: Geofysica. Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen (1965).

Korte technische berichten

'Tacomsat', een tactische communicatiesatelliet

Op 9 februari jl. werd met behulp van een 'Titan 3-C booster' vanaf Kaap Kennedy een tactische communicatiesatelliet (Tacomsat) met succes in een synchrone baan om de aarde gebracht. Deze zeer krachtige satelliet, vervaardigd door de Hughes Aircraft Company, is geparkeerd in een positie boven de Stille Oceaan en zal worden gebruikt om een onderzoek in te stellen naar de mogelijkheden voor tactische communicatie met kleine mobiele grondstations, vliegtuigen en schepen via één synchrone satelliet.

De satelliet heeft de vorm van een cilinder (zie fig. 1) met een diameter van ongeveer 2,5 m, een hoogte van ongeveer 4,5 m en weegt 725 kg. Hij is uitgerust met een groot aantal antennes. De signalen zullen door allerlei soorten grondstations kunnen worden ontvangen, zelfs met antennes in de grootte-orde van ϕ 30 cm. De te gebruiken frequenties liggen in de UHF- en SHF-band.

In de satelliet is voor het eerst een nieuw, door Hughes ontwikkeld stabilisatiesysteem, genaamd 'Gyrostat', toegepast, dat de stabilisatie van lange dunne lichamen mogelijk maakt. Dit in tegenstelling tot de tot nu toe gebruikelijke spinstabilisatietechnieken, die een korte cilinder met relatief grote diameter ('hoededoos') vereisen. Een voordeel van deze nieuwe techniek is dat de satelliet in een vorm kan worden gebouwd, die beter aangepast is aan die van de draagraket. Bovendien biedt dit systeem de mogelijkheid om sommige delen van de satelliet om hun as te laten draaien terwijl andere delen, zoals bijvoorbeeld telescopen en antennes, voortdurend op een bepaald punt gericht kunnen blijven.

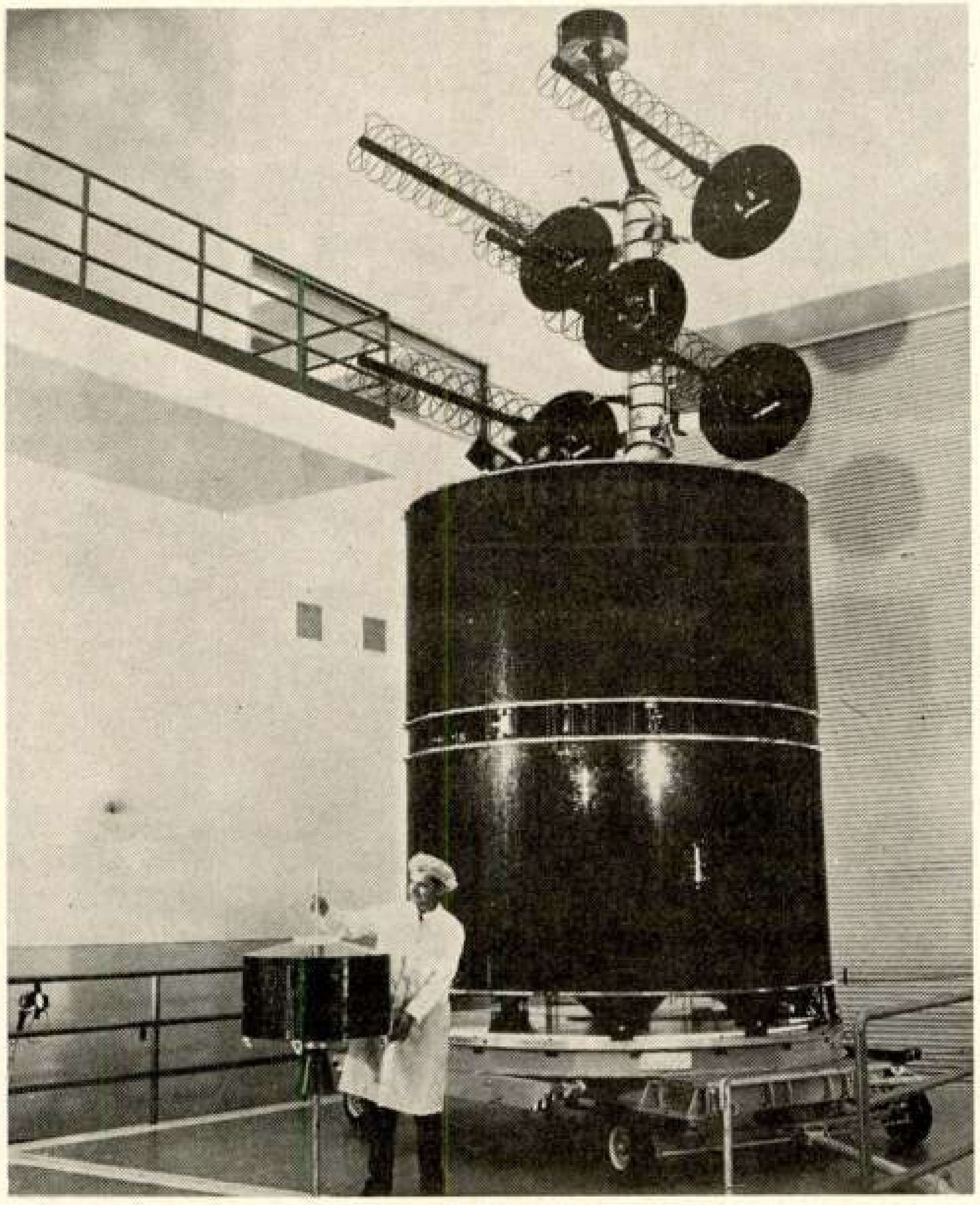


Fig. 1. Tactische communicatiesatelliet 'Tacomsat'.

Persbericht Hughes Aircraft Company, CB/H29.

'Public-address'-installaties voor luchthavens

De geluidskwaliteit en de verstaanbaarheid van 'public-address'-installaties op luchthavens laat vaak nog veel te wensen over. Vooral in grote hallen gaat de looptijd van het geluid een rol spelen, waardoor – nog geaccentueerd door het richteffect van de luidsprekers – er vele plaatsen ontstaan waar de spraak slecht verstaanbaar is en onrustig aandoet. Bovendien stoort het geluid van startende straalvliegtuigen, niettegenstaande een zo goed mogelijke geluidsisolatie, de verstaanbaarheid van de berichten in ernstige mate.

In het nieuwe 'Terminal I'-gebouw van de Londense luchthaven Heathrow heeft Standard Telephones and Cables een 'public-address'-installatie aangebracht, die aan de hiervóór genoemde bezwaren in belangrijke mate tegemoet komt.

De grote vertrek- en aankomsthallen worden tot in alle hoeken bestreken door zorgvuldig gerichte luidsprekergroepen. De luidsprekers zijn voorzien van tijdvertragingsschakelingen voor het instellen van een kunstmatige nagalmtijd, zodat het mogelijk is deze in een bepaalde sector aan te passen aan het geluid, dat van verder verwijderde luidsprekers doordringt. De modulaire opbouw van de installatie maakt het mogelijk deze instellingen aan te passen indien gewijzigde omstandigheden dit noodzakelijk maken.

Vijf geluidmeetapparaten (noise sensors) zijn op strategische punten opgesteld en regelen automatisch de versterking van het omroepsysteem afhankelijk van het niveau van het omgevingsgeluid. Bijvoorbeeld tijdens het starten van straalvliegtuigen wordt de versterking opgevoerd tot een zodanig niveau, dat de verstaanbaarheid gehandhaafd blijft. Zodra het omgevingsgeluid weer afneemt wordt het versterkingsniveau weer teruggeregeld.

De installatie is bovendien uitgerust met een schakeling, die ervoor zorg draagt dat het geluidsniveau steeds dezelfde waarde bezit onafhankelijk van het stemvolume van de omroeper of omroepster.

ITT Persbericht, nr. 374 d.d. 7/5/69.

Boekennieuws

Elements for a new departure in air-traffic control
Proefschrift ir. C. G. H. Scholten

In zijn – op 1 april 1969 aan de T.H. Eindhoven verdedigd – proefschrift stelt ir. C. G. H. Scholten enige principes voor die als basis kunnen dienen voor een toekomstig, verbeterd systeem van luchtverkeersleiding.

Deze principes, die met name een beter gebruik van rekentuigen in de luchtverkeersleiding beogen, betreffen een nieuw systeem van radioplaatsbepaling en radiocommunicatie, een elektronisch positie-indicatiescherm met hoogte-aanduiding door middel van kleur en een rekentuigprogramma voor de

automatische bepaling van onderling conflictvrije vliegbanen voor een aantal in een bepaald gebied voorgenomen vluchten.

Een aantal experimenten wordt beschreven waarmee de bruikbaarheid van het gekleurde scherm en het rekenprogramma in principe wordt aangetoond.

Initial-velocity effects in cathode-ray tubes
Proefschrift drs. J. Hasker

In zijn – op 25 april aan de T.H. Eindhoven verdedigd – proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor in de technische wetenschappen maakt de promovendus melding van een onderzoek naar de eigenschappen van de elektronenkanonnen voor bijv. T.V.-beeld- en -camerabuizen.

De kwaliteit van een T.V.-beeld wordt bepaald door de grootte van de lichtstip op het scherm. Door de experimentele grootte te vergelijken met de theoretische is informatie verkregen over de afbeeldingsfouten in het kanon. Deze informatie kan worden aangewend om de beeldkwaliteit te verbeteren. De snelheidsverdelingen van de bundelelektronen zijn van belang voor de grootte van de lichtstip en spelen ook een rol bij de traagheid van camerabuizen, die 'vegen' in het T.V.-beeld kan veroorzaken. Deze verdelingen zijn berekend en wijken sterk af van wat tot nu als juist was aangenomen.

Door onderzoek aan de stroom-spanningskarakteristiek is het, o.a. ten behoeve van de massaproduktie van elektronenkanonnen, mogelijk geworden spreidingen in deze karakteristiek te correleren aan maatafwijkingen in het kanon. Bovendien kan nu de bundelstroom m.b.v. een eenvoudige benaderingsmethode worden berekend. Hierdoor wordt de ontwerper van elektronenbuizen in staat gesteld het aantal aan een definitief ontwerp voorafgaande experimentele buizen te verminderen.

Drs. Hasker was de 100e promovendus van de Technische Hogeschool Eindhoven.

Flux motion and noise in superconductors
Proefschrift ir. G. J. van Gurp

In zijn – op 20 mei 1969 aan de Technische Hogeschool te Eindhoven verdedigd – proefschrift behandelt ir. G. J. van Gurp de elektrische spanning die optreedt bij zeer lage temperaturen in een supergeleidend materiaal, als dit zich in een magnetisch veld bevindt, terwijl een elektrische stroom door dit materiaal vloeit. In de supergeleider bevinden zich gebieden die magnetische flux bevatten en die onder invloed van de elektrische stroom kunnen bewegen. Deze beweging veroorzaakt een gelijkspanning over de supergeleider, welke echter niet constant is doch fluctuaties (ruis) vertoont.

In het proefschrift wordt nagegaan wat de invloed is van verschillende omstandigheden en materiaaleigenschappen op deze gelijkspanning en op de ruis. De experimentele resultaten blijken redelijk verklaard te kunnen worden met de eveneens in het proefschrift gegeven theorie. Het bestudeerde probleem hangt samen met verschijnselen die zich kunnen voordoen in supergeleidende magneetspoelen.

E. M. Cherry, D. E. Hooper: **Amplifying Devices and Low-Pass Amplifier Design.** 1036 blz., 540 fig. Uitg.: John Wiley and Sons Ltd., Sussex, 1968. Prijs: 280 s.

De beide Australische auteurs hebben een langdurige ervaring als docent en zijn daarnaast door werkzaamheid in researchlaboratoria goed op de hoogte van de praktijk. Het materiaal wordt in het derde en vierde jaar van de universitaire opleiding behandeld.

De hoofdstukken 1 ... 9 geven een eerste cursus. Vacuümbuizen, bipolaire en veld-effect-transistors worden behandeld als voorbeelden van 'controlled sources'. Equivalente schakelingen voor trioden, pentoden en transistoren worden gegeven. We noemen de schakeling van Ebers en Moll, en vervangingsschakelingen voor hoge en lage frequenties. De theorema's van Norton en Thevenin komen aan de orde, evenals het verband tussen frequentiekarakteristiek en inschakelverschijnselen, alsmede Miller-effect. De verandering van de parameters als functie van de instelling, en met temperatuur en tijd wordt beschouwd. Op ruis wordt vrij uitvoerig ingegaan, zowel voor buizen als transistoren, met een korte behandeling van correlatie en aanpassing. Ook distorsie en niet-lineariteit krijgen een hoofdstuk.

Het tweede deel, gevormd door de hoofdstukken 10 ... 17, wordt gekenmerkt door een uitvoerige en diepgaande behandeling van terugkoppeling, zowel enkelvoudige als meervoudige. Uit de theorie van Nyquist en Bode wordt veel overgenomen. Daarna volgen nog verschilversterkers, gelijkstroomversterkers en versterkers voor grote signalen. Apparatuur voor het leveren van geregelde voedingsspanningen komt eveneens aan de beurt. In het slothoofdstuk krijgen geïntegreerde schakelingen een bescheiden plaats.

Een zestigtal vraagstukken geeft de student gelegenheid het geleerde toe te passen. De onderwerpen-index telt 18 bladzijden.

Het boek lijkt zowel voor zelfstudie als voor cursorische behandeling heel geschikt. De uitgave is zeer goed verzorgd.

Dr. F. L. Stumpers.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 39, Leidschendam.
Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Leidschendam.
Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

Ledenmutaties

Voorgestelde leden
Ir. W. G. Ekas, Borneolaan 47, Hilversum.
Ir. P. Oosterom, Valeriusstraat 3, Hazerswoude (Rijndijk).
Ir. M. Skaliks, Meteoorstraat 27, Eindhoven.

Nieuwe adressen van leden
Ir. L. J. G. Berière, Lobeliapad 3, Eindhoven.
Ir. M. A. Bos, 862 College Parkway T, Rockville (Maryland) 20850, U.S.A.
Ir. C. de Jong, Tollenskade 13, Voorburg.
Ir. H. J. Kramer, Kastanjelaan 20, Hilversum.
Ir. J. Mak, Goorstraat 6, Eindhoven.
Ir. A. A. J. Otten, Mont-Blanc 24, Amstelveen.

Overleden
Prof. Dipl.-Ing. J. Deketh, a/c U.I.T. Apartado 12131 (San Martin) Caracas, Venezuela.